

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматизації та управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

«__» _____ 2019 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
з напрямку підготовки 6. 050201 «Системна інженерія»
на тему: «Автоматизована система процесом виробництва глиняних
виробів»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ІА-51

Гнип Владислав Віталійович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н. Долина В.Г. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 рік

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизована система процесом
виробництва глиняних виробів»**

Київ – 2019 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ОБ’ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ	6
1.1 Загальний опис процесу виробництва.	6
1.2 Вибір об’єкту автоматизації та обґрунтування його вибору	7
1.3 Обґрунтування вибору конструктивних особливостей об’єкту.....	8
1.4 Опис базових фізико-хімічних процесів в процесі випалювання глини.....	9
1.5 Висновки до розділу 1	12
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	13
2.1 Базові положення	13
2.2 Кільцева піч для випалювання цегли м.Лубни	13
2.3 Тунельні печі компанії «Серіке»	16
2.4 Тунельна піч розробки ВАТ «Гіпростром»	19
2.5 Тунельна піч конструкції інституту «Укראгропроектстройіндустрія»	22
2.6 Тунельні печі компанії «ALTA»	27
2.7 Варіант власної реалізації	30
2.8 Висновок до розділу 2	31
3 ПОБУДОВА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПЕЧІ	32
3.1 Опис принципів побудови структурної схеми печі.....	32
3.2 Висновки до розділу 3	33
4 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ	34
4.1 Розрахунок геометричних розмірів вантажу на вагонетці	34
4.2 Розрахунок особливостей зони підігріву.....	36
4.3 Розрахунок особливостей зони випалу	40
4.4 Розрахунок особливостей зони охолодження	42
4.5 Висновки до розділу 4	43

					IA51.080БАК.005 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Автоматизована система керування процесом виробництва глиняних виробів				Літера	Лист	Листів	
Розробив	Гнип В.В.										2	74
Перевірив	Долина В.Г.											
Н. контр.												
Затв.					Пояснювальна записка				«КПІ ім. Ігоря Сікорського» ФІОТ, група ІА-51			

5 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB	44
5.1 Загальні положення.....	44
5.2 Моделювання процесу підігріву вантажу	45
5.3 Моделювання процесу охолодження вантажу	49
5.4 Моделювання процесу випалу виробів.....	51
5.5 Моделювання повної схеми	54
5.6 Висновки до розділу 5	56
6 ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПЕЧІ	58
6.1 Загальні положення.....	58
6.2 Опис функціональної схеми.....	59
6.3 Висновки до розділу №6	61
7 ВИБІР ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ	62
7.1 Вибір контролера блоку керування.....	62
7.2 Вибір аналогового модуля введення	63
7.3 Вибір дискретного модуля введення.....	64
7.4 Вибір дискретного модуля виведення	64
7.5 Вибір датчика температури.....	65
7.6 Вибір клапана газопроводу	68
7.7 Вибір газових горілок	69
7.8 Вибір деяких інших елементів.....	70
7.9 Висновки до розділу 7	71
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Сьогодні в Україні гончарство знаходиться на досить високому рівні, глиняний посуд, який у нас виготовляється має досить високі показники якості, але його виробництво і досі проводиться вручну, тобто з мокрої глини руками вирізають посуд певної форми, наприклад чайники. Цей процес можна було б прискорити за допомогою автоматизації процесу виготовлення тіл обертання.

Цегляна промисловість знаходиться в гіршому стані, моральна застарілість обладнання дуже сильно впливає на швидкість виробництва даних будівельних матеріалів, внаслідок цього на загальному фоні все більшу і більшу частину роботи доводиться виконувати вручну. Великі підприємства давно перейшли на новий рівень виробництва майже повністю автоматизувавши процес виготовлення цегли, але менші підприємства й досі використовують застарілі технології виготовлення цегли, як наприклад в місті Прилуки досі функціонує кільцева піч, завантаження та відвантаження цегли в яку проходить повністю вручну. Тому тема досі актуальна.

При виробництві цегли найбільшу роль грає процес випалювання глини, саме він закладає в продукцію ті характеристики, що потім впливатимуть на вибір того чи іншого типу цегли для певних робіт. Саме тому було вирішено автоматизувати саме його.

Процесу випалювання передують ще кілька етапів, наприклад етап просушки виробу, але визначальні властивості виріб отримує в момент проходження випалювання в печі. Наразі існують три основні конструкції печі: тунельна піч, кільцева піч та муфельна піч. Для того, щоб автоматизувати процес виготовлення цегли, потрібно автоматизувати роботу печі таким чином, щоб при цьому були використані мінімальні грошові витрати на її впровадження та щоб піч могла працювати безперервно.

Для розв'язку даної задачі були вивчені кілька прикладів реально існуючих таких об'єктів і відповідно вивчені фізичні та хімічні процеси, що впливають на характеристики майбутнього виробу. Також було проведено моделювання даного

об'єкту автоматизації та вивчений вплив окремих параметрів нагрівальних елементів, конструкції печі та вплив швидкості протікання обпалювання на процес в цілому.

Загалом рішення цієї задачі матиме широке практичне застосування, адже велика увага буде приділена зниженню вартості автоматизації об'єкту автоматизації та його простоті побудови. Це допоможе надати такому рішення широкого застосування в нашій країні. Точне дотримання технології, що можна буде закласти в автоматику печі, дасть підвищення якості виготовлюваних виробів та потенційну можливість збільшення обсягів виробництва.

Для розв'язання поставленої задачі першочергово було продумано конструкцію печі. Вона має принципове значення. Загальний принцип роботи печі лишається незмінним для всіх їх варіацій. Запропоновано додати в піч шлюзові ворота, для покращення контролю температурного режиму, збільшити кількість вентиляційних шахт, зменшити кількість газових горілок.

Бакалаврський проект складається з наступних розділів: вступ, аналіз об'єкту автоматизації, аналіз існуючих рішень, побудова структурної схеми печі, побудова математичної моделі, моделювання процесу в середовищі MatLab, побудова функціональної схеми печі, вибір окремих вузлів та елементів, висновки та перелік використаних джерел.

Також було розроблено чотири кресленики формату А3, серед яких: структурна схема виробництва, структурна схема печі випалу глиняних виробів, функціональна схема печі випалу глиняних виробів та додатковий кресленик моделі MatLab.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Загальний опис процесу виробництва.

Процес виготовлення глиняного виробу будь-якої форми та призначення майже нічим не відрізняється, тому на різних заводах можна побачити приблизно ті ж процеси.

Першим етапом виробництва є завантаження сирової глини в перший подрібнювач, що має подрібнити шматки добутої глини на грудки розміром до 15мм діаметром. Для різних видів виробів це значення коливається від 13 до 20 мм. Наступним етапом подрібнена глина потрапляє в резервуар, де має відлежатися до того моменту, коли вона буде придатною до використання. Час поки глина відлежується складає від пів-року до року, за цей час з неї зникають майже всі органічні речовини і вона приймає деяку однорідність, що полегшує її подальшу обробку.

Третім етапом обробки глини є додавання домішок та різних неорганічних речовин, що надають виробам додаткових корисних характеристик. Далі ця суміш подається на додаткове подрібнення. Цей процес проходить на лінії з каскадом вальців, що переминають грудки глини, після проходження цього етапу глина не має великих грудок, в суміші зустрічаються шматочки не більше 0.5 мм в діаметрі. Після проходження цієї частини заводу шихта вивантажується до шихтозапаснику, з якого вона береться безпосередньо для формовки виробів.

З шихтозапаснику шихта потрапляє до екструдера, де до неї додають воду та під високим тиском виганяють готову до формовки суміш. На виході екструдера глина має дуже густу структуру і завдяки високому тиску, під яким вона виштовхується не має бульбашок повітря всередині, що робить глину однорідною та запобігає її розколам та утворенню тріщини в місцях з дефектами. На цьому етапі глина готова до формовки. Етап формовки на різних підприємствах проходить по-різному, на деяких з суміші руками формують продукцію, на деяких

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		6

за допомогою засобів автоматизації. Використовуючи засоби автоматизації цеглини формують нарізаючи неперервно виходячий з екструдера шматок глини прямокутного перерізу, а такі вироби як тарілки чи миски виконуються або через пресування шматка глини, або через прибирання залишків спеціальним різцем, обертаючи заготовку. Як би не формували виріб, після проходження етапу формовки виробу, він є вологим і надходить в окреме приміщення для сушки де знаходиться там певний час, приблизно 2-3 дні, за цей час в виробі лишається близько 5% вологи від маси виробу. Це залежить від того, як спроектовано сушильне приміщення, та від температури в ньому.

Останній і найголовніший етап – обпалювання глиняного виробу в печі[1],[2]. Після цього виріб готовий до використання.

Для кращого розуміння шляху проходження глини від сировини до готового виробу, структурна схема виробництва показана на кресленику ІА51.080БАК.005 Э1.1.

1.2 Вибір об'єкту автоматизації та обґрунтування його вибору

Для виконання дипломного проекту була оцінена важливість кожного з етапів виробництва. Найважливішим з усіх етапів виробництва є етап обпалювання виробу, він має бути чітко відпрацьованим. Перегрітий виріб покривається тріщинами, поверхня чорніє і втрачає міцність, недогрітий виріб має не той колір, і в ньому не пройшло потрібних фізико-хімічних процесів, відповідно вихідний виріб не задовольнятиме вимогам. Тому автоматизація печі є першочерговою та є найважливішим етапом автоматизації виробництва глиняних виробів.

В рамках даного дипломного проекту буде розроблятися автоматизована система управління тунельною піччю для обпалювання глиняних виробів.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		7

1.3 Обґрунтування вибору конструктивних особливостей об'єкту

Як уже було сказано існує три типи печей, що використовуються для процесу випалювання глини, а саме: тунельна піч, однокамерна піч та кільцева піч. Усі три типи печей мають свої переваги та недоліки, і вибір конструкції печі є вирішальним, бо задає напрям автоматизації печі, а саме структуру регулятора, та параметри системи, що будуть безпосередньо впливати на проходження виробничого процесу.

Серед цих типів печей найбільш доцільно буде використовувати тунельну піч. Кільцеві печі не підходять для даних робіт через моральне старіння самого процесу обпалювання виробів в таких печах. Вони нерівномірно прогрівають виріб, що негативно сказується на його якості, також велика кількість ресурсу йде на нагрів неактивної маси повітря, це вже зумовлено конструкцією печі.

Однокамерні печі є кращими ніж кільцеві з точки зору використання тепла. Повітря подається в строго потрібній кількості для згоряння палива і в результаті цього максимальна кількість тепла йде не вилетівши з виробів. Натомість печі такого роду мають заздалегідь відомий розмір і тому можуть випалювати лише певний обсяг продукції, що зазвичай не є великим. Про збільшенні виробництвом обсягів випуску продукції, однокамерну піч доведеться перебудовувати, або будувати додаткові печі.

Тунельна піч є найкращим варіантом в даному випадку. Печі такого роду досить легко справляються зі збільшенням обсягу виробництва, тепло, що виробляють горілки використовується на розігрів нещодавно введених в піч виробів. Це робить такі печі ідеальним вибором для безперервного виготовлення продукції, та певним чином запобігає непотрібним витратам.

Тунельна піч, схематичне зображення якої представлено на рисунку 1.1, складається з трьох ділянок: зони підігріву, зони обпалювання та зони охолодження, на рисунку 1 вони позначені, як А, В та С відповідно. Над зоною В є окремо виділена частина, в якій зазвичай знаходяться горілки, або інші

нагрівальні елементи для такого роду печей. Дана конструкція дає можливість додавання певних особливостей для кожного окремо взятого об'єкту. Наприклад в одних печах зона А також має нагрівальні елементи, що прискорює нагрів виробів до порогової для входження в зону обпалювання температури, а в інших їх немає. Навіть такий невеликий вибір уже дає можливість зробити піч інакшою, та покращити якість показники виробництва в цілому.

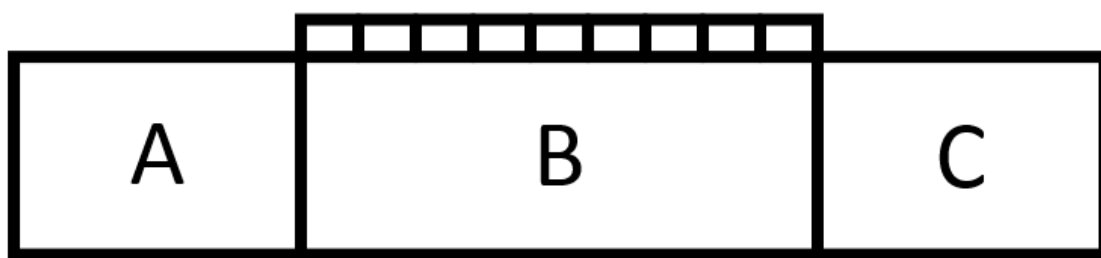


Рисунок 1.1 - Схематичне зображення конструкції тунельної печі

1.4 Опис базових фізико-хімічних процесів в процесі випалювання глини

В процесі випалювання глин потрібно чітко розуміти природу тих змін, які відбуваються в матеріалі, до чого ці зміни призведуть та яким чином захистити виріб від негативних впливів високих температур [3].

Важливо розуміти, що не будь-яка глина підходить для виробництва тих чи інших виробів. Наприклад для виробництва цегли використовують глини з певним складом: кремнезем(SiO_2) – 45-80%, корунд(Al_2O_3) – 7-23%, оксиди заліза(Fe_2O_3) – 2-15%, оксид кальцію(CaO) – 0.5-25%, оксид магнію(MgO) – 0-4%, оксиди лугів(K_2O , Na_2O) – 0.3-5%, оксид сірки(SO_3) – 0-3% та інші сполуки і домішки 3-16%.

Елементний склад кожного з типів глини визначає те, які вироби краще з неї виробляти, та які температури будуть потрібні для того, щоб надати виробу готового вигляду. Сьогодні дані процеси досліджуються методами термодинаміки

незворотних досліджень. Саме цей метод став основоположним при дослідженні цих процесів. В роботах О.В. Ликова були сформовані основні поняття, що використовуються в законах переносу речовини в капілярно-пористих тілах. Пізніше була ним же розв'язана система диференціальних рівнянь переносу, які стали дуже важливою теоретичною основою в подальших дослідженнях такого роду процесів. Зі своєї сторони О.В. Ралко провів експерименти, в яких він досліджував процеси випалювання глин, каолінів та інших глинистих матеріалів. Результатами даних досліджень стали приблизні інтервали температур, основних проміжків дегідратації глин та дисоціації карбонатів та сульфатів. Таким чином було знайдено такі проміжки.

Перший проміжок розташований в діапазоні температур 293-773 К. Даний проміжок характеризується виділенням гігроскопічної води та окисненням сульфідів. Даний проміжок температур для глин є досить безпечним, адже тут майже не відбувається змін в мікроструктурі речовини, або вони є дуже незначними. Даний етап більше використовується для того, щоб захистити виріб від руйнування. В діапазоні температур від 293 до 383 К відбувається випаровування фізично зв'язаної води. Підвищення до 573 К потрібно проводити дуже повільно, це обумовлено тим, що починається дуже інтенсивне виділення газів з виробу і навіть незважаючи на досить високий показник шпаруватості глиняних виробів при швидкому нагріві імовірніше за все, що виріб буде зруйновано. Навіть незважаючи на те, що в виробі, який потрапляє до печі міститься не більше 5% вологи від початкового рівня, тиск газів всередині виробу при швидкому нагріві, вкупі з механічними напруженнями, що виникають при його нагріві можуть легко розколоти виріб на окремі шматки. Звісно в залежності від окремого виду матеріалу з якого вироблено виріб допустима швидкість його нагріву коливається.

Наступний проміжок температур, що лежить від 573 до 873 К характеризується процесами вигорання органічних речовин та домішок, що були додані на етапі перетворення сирової глини на шихту. Відповідно на цьому етапі

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		10

відбувається інтенсивне виділення CO_2 та SO_2 , які потрібно виводити з камери підігріву. Цікавим є те, що даний процес відбувається до 873 К, якщо вироби нагрівати повільно та при 973 – 1073 К, якщо їх нагрівати швидко. Даний етап є досить простим і великих небезпек для виробу в ньому немає.

Починаючи з 823 К в глинах починаються фазові перетворення, а точніше аморфізація глини. Даний процес характеризується переходом кварцу в α стан з β стану, що також супроводжується зміною об'єму виробів 2 – 8 %. Він починається приблизно з 846 К та є небезпечним для виробу, якщо його дуже швидко нагріти.

Починаючи з 723 К відбувається виділення хімічно зв'язаної води, тобто проходять хімічні реакції, в яких речовини розкладаються на воду та більш прості речовини. В діапазоні температур 773 – 873 К відбувається дегідратація хімічно виділеної води.

В інтервалі 773 – 1073 К проходить реакція дисоціації сульфідів і сульфатів з активним виділенням SO_2 . Дані процеси характеризуються підвищенням шпаруватості виробів та зменшенням їх маси, відповідно подальше виділення води дуже сильно прискорюється, і виріб стає менш схильним до руйнування.

Температурний інтервал 1173 – 1273 К також називають етапом ізотермічної витримки виробів, саме цей етап проходить вже безпосередньо в зоні випалювання печі. З температури 1143 К починається утворення склоподібних фаз в виробах. Етап в 1273 К є етап спікання глини, в цей момент виріб отримує необхідні властивості. Паралельно проходять процеси дисоціації, процес дегідратації вже майже завершено, сам же процес супроводжується невеликою масовіддачею.

Останнім набором операції є процес охолодження виробів. В інтервалі температур з 1073 – 973 К вироби знаходяться в піропластичному стані і дуже схильні до утворення різного роду дефектів. Також надто швидке охолодження може призвести якщо не до руйнування виробу, то до утворення напруг всередині виробу, що наприклад може зруйнувати виріб в певних ситуаціях під час їх експлуатації. Тому в даному проміжку бажано не прискорювати охолодження, а

дати виробу остигнути природним шляхом. При температурі в 973 К виріб переходить у твердий стан.

З 973 К до 873 К відбувається зворотній перехід фаз в кварці, тобто його перехід з α – фази в β – фазу і зменшення об'єму виробів, як і при збільшення на 2 – 8 %. Після температури в 873 К охолодження виробів можна прискорити, оскільки вони вже не схильні до руйнування від перепадів температур.

1.5 Висновки до розділу 1

В даному розділі були описані загальні принципи побудови виробничих ліній з виробництва глиняних виробів, їх будову та основні об'єкти автоматизації, які на цих лініях присутні. Також був обраний об'єкт, що буде розглядатися в даному проекті, як об'єкт автоматизації, а саме: піч.

Були проаналізовані конструктивні особливості різних типів печей, таких як: однокамерні печі, тунельні печі та кільцеві печі. На основі цього була обрана тунельна будова печі через найбільшу їх придатність до автоматизації та найкращі показники з об'ємів виготовлюваної продукції.

Останнім пунктом в розділі були розглянуті деякі фізико-хімічні процеси, що відбуваються в процесі випалювання різнотипних глиняних виробів. Були відмічені етапи випалювання глиняних виробів, під час проходження яких вироби знаходяться в найбільшій небезпеці, щодо їх руйнування. Основними проміжками є 293 – 773 К, 573 – 873 К, 773 - 1073, 1173 – 1273 К та 1073 – 873 К.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		12

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Базові положення

Для виконання поставленого завдання недостатньо просто сказати, що дана система автоматизації буде встановлена для контролю температури в печі. Температурний режим всієї споруди залежатиме від її конструктивних особливостей, а точніше від розташування певних виконавчих механізмів та елементів автоматизації. Для того, щоб визначити набір цих особливостей, було вирішено провести огляд існуючих рішень такого роду задач та на їх основі спроектувати роз положення цих засобів так, щоб система працювала справно.

Таким чином в даному розділі будуть описані не лише існуючі варіанти, та їх особливості, а і будуть визначені ті елементи, що будуть використані в проектуванні. Також будуть визначені геометричні розміри печі, розташування нагрівних елементів та ін..

2.2 Кільцева піч для випалювання цегли м.Лубни

Для початку було вирішено проаналізувати особливості кільцевих печей, їх структуру та ефективність.

Дані печі отримали дуже високий рівень розповсюдження, оскільки мають таку будову, що дозволяє максимально ефективно використовувати паливо. Ще однією корисною особливістю таких печей є наявність вентиляції та сама їх будова. Таким чином дані печі мають надзвичайно високий ККД. Потoki гарячого повітря неперервно циркулюють через камери печі, тим самим підігріваючи вироби, а кілька зон випалювання забезпечують випалювання виробів та нагрів циркулюючого повітря. Така методика випалювання є непоганою, оскільки дуже ефективно використовується паливо, та проходить постійне використання нагрітого повітря.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		13

Ще одним гарним показником можливість в більшості кільцевих печей використовувати тверде паливо для нагріву, це дуже гарний варіант, який Використовується в багатьох печах такої будови старих зразків. Як паливо там використовують зазвичай тріски та різного роду деревну стружку. Температура їх горіння є достатньою для випалювання глиняних виробів, наприклад глиняних мисок та цегли, але недостатньою для обпалювання кераміки.

На рисунку 2.1 зображено будову кільцевої печі цегельного заводу в місті Лубни [4]. Дана конструкція є однаковою для всіх кільцевих печей, які сьогодні використовуються для випалювання глиняних виробів.

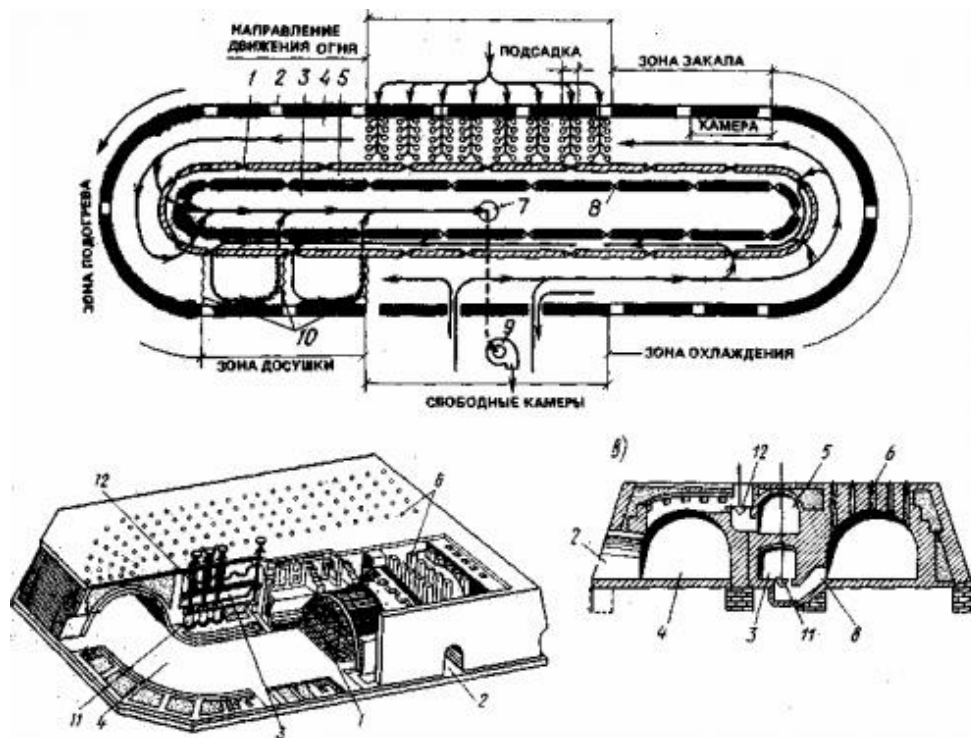


Рисунок 2.1 – Конструкція кільцевої печі

З на верхній частині рисунку 2.1 можна побачити вигляд згори на кільцеву піч. Дана піч поділена на 18 камер, кожна з яких використовується для випалювання глиняних виробів, в даному випадку цегли.

Для обпалювання вироби в даній печі викладаються у вигляді стінки перпендикулярно до напрямку руху повітря, до 1000 штук на в одній камері, при

цьому в кладці є невеликі щілини, через які і проходить повітря. Печі є різного розміру, все залежить від того, на які виробничі потужності розрахована піч. Дана піч розрахована на одночасну участь відразу шести камер, вони розташовані послідовно, при цьому за напрямком руху повітря перші дві камери охолоджуються, середні дві камери знаходяться на етапі випалу цегли, а останні дві камери підігріваються гарячими потоками повітря.

Важливо відмітити й недоліки кільцевих печей. Головним з них є те, що вони дуже важко автоматизуються. Їх будова не дозволяє автоматизувати певні етапи процесу випалювання, як наприклад процес завантаження цегли в піч. Він виконується працівниками заводу вручну. Вхід в канал випалу є досить малим, щоб зменшити втрати тепла, до входу в камеру підведені рейки, по яким на піддонах доставляють цеглу-сирець, для подальшого завантаження. Входи в камери, в яких проходить випалювання або зачинені, або замуровані вогнетривкою кладкою.

Саме випалювання відбувається через вертикальні трубки, які розташовані в стелі. Через них або засипають, як у випадку з піччю в Лубнах, тверде паливо, або використовують ці трубки для розміщення в них горілок. Між стінами утворюється область високої температури, де і випалюється цегла.

Характеристики:

- геометричні розміри печі: висота каналу – 1.95 м, ширина каналу – 1.25; м, ширина проходів – 1.1 м, повна ширина камери – 3.14 м;
- щільність посадки цегли на м³, при твердому паливі – 210-220 шт;
- витрати палива на повне випалювання обсягу виробів еквівалентного місткості однієї камери – 120-130 кг;
- час випалювання – 25-30 годин в залежності від виду виробів;
- кладка виконується за методом Дуванова.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		15

Кладка цегли виконується методом Дуванова [5], що передбачає наявність чотирьох елементів: ніжок, перегородки, колоскової кладки та садки цегли. Дана кладка зображена на рисунку 2.2.

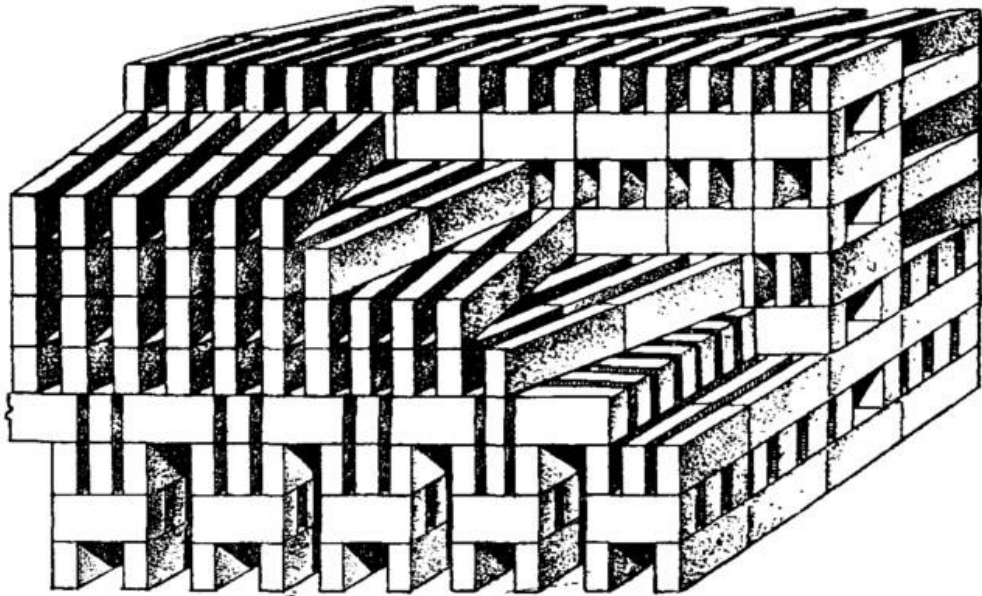


Рисунок 2.2 – Садка цегли методом Дуванова

Загалом дані печі хоч і не підходять для автоматизації їх роботи і в більшій мірі призначені до того, щоб роботи з ними виконувалися вручну, але в них є кілька елементів, що є дуже корисними в будь-якій печі. Перший з них це принцип використання великої кількості вентиляцій, що забезпечують постійний рух повітря. Другим стала кладка цегли методом Дуванова, яка є досить компактною і має гарний задум у вигляді вигинів шляхів, через які мало би проходити повітря і краще прогрівати вироби.

2.3 Тунельні печі компанії «Серіке»

З цього підрозділу починається опис печей лише тунельної будови. Були розглянуті використання кількох типів печей для випалювання глиняних виробів, але на практиці однокамерні печі майже не використовують, а точніше область їх

використання є дуже малою. Вони частіше за все використовуються для вузького спектру робіт, і зазвичай не пов'язані з масовим виробництвом, тому їх розгляд є не доцільним. Найширшим є спектр тунельних печей. Ці печі дуже легко автоматизувати і саме тому їх існує багато різних підходів до вирішення цієї задачі. Вони мають лише певні відмінності, але основний підхід до їх побудови лишається незмінним. Мається на увазі поділ печі на три основні зони: зону підігріву, зони випалювання та зону охолодження. Зону підігріву обов'язково обладнують відвідною вентиляцією, для забору диму, що утворюється в процесі вигорання органічних домішок в виробах. Зона випалювання включає в себе нагрівачі. В тунельних печах це зазвичай газові горілки досить високої потужності. Зона охолодження також обов'язково має вентиляцію, що призначена для подачі холодного повітря в зону.

Тунельні печі італійської компанії «Серіке» [6] - це печі, що мають не лише різну конструкцію, а і різні засоби автоматизації. Дані печі мають досить велике розмаїття і, як заявлено виробниками, кожен піч. Дана компанія підганяє під вимоги замовника.

Печі представлені у одно каналному, двоканальному та багатоканальному виконанні. Відповідно для виробництв різного масштабу можна підібрати різні печі, для невеликих підприємств одно канална піч, а для великих – більші. На великих заводах досить зручно використовувати кілька печей для виробництва різнотипних виробів.

Дані печі окрім кількості каналів мають також на вибір нагрівні елементи. Стандартно на дані печі встановлюють газові горілки, але також є можливість встановлення муфелів. Вони призначені для ізоляції полум'я горілок від виробів. Вироби, на які не впливають продукти горіння виходять більш якісними.

Робота печі влаштована досить просто, піч має три камери, через які рухається вагонетка, на яку певним чином складені вироби. Сама піч обладнана на початку зони підігріву та в кінці зони охолодження вентиляцією. Початковий підігрів проходить використовуючи гаряче повітря з зони випалювання. Зона

охлаждения нагнітає в піч холодне повітря, що сповільнює свій рух об вагонетки, таким чином вагонетки, що рухаються каналом поступово охолоджуються, а розігріте від гарячих виробів повітря направляється до зони випалювання. Так відбувається випал виробів.

Печі компанії «Серіко» мають такі характеристики:

- довжина каналу 48 – 408 м;
- ширина каналу 1.7 – 4.8 м;
- робоча висота 1.3 – 1.9 м;
- температурний режим зони підігріву: нагрів по 50 °С/год до 100 °С; потім нагрів по 150 °С до температури 700 – 800 °С;
- додатковий повільний нагрів до 900°С;
- підтримка температури в зоні випалювання на рівні 1000 ± 15 °С;
- поступове охолодження виробів природним шляхом до 500 °С;
- примусове охолодження по 120 °С з 500 до 50 °С;
- процес випалювання займає 18 – 32 години в залежності від типу цегли;
- кладка цегли приблизно 200 штук на 1 м³.

Дані печі є досить непоганим варіантом для підприємств, оскільки є дуже гнучким рішенням, що включає підлаштування печі до кожного окремого підприємства в залежності від їх вимог, однак дані печі є досить дорогими в порівнянні з іншими варіантами через те, що більша їх частина обладнані муфелями, що робить експлуатацію такої печі дорожчою, але покращує якість виробів. Піч призначена для обпалювання однієї, або кількох вагонеток з виробами, що може певним чином негативно вплинути в подальшому. Але загалом варіант досить гарний.

Варто також додати, що вище описувалися печі для обпалювання великих обсягів глиняних виробів, в основному цегли. Поміж цього дана компанія виробляє також невеликих розмірів печі, вони виконані в металевих корпусах і замість вагонетки в них використовуються жаростійкі транспортери. Такі печі

					IA51.080BAK.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		18

також використовують для випалу глиняних та керамічних виробів, але в значно менших масштабах. Тому даного роду печі вигідно використовувати лише на дуже маленьких підприємствах, або для дуже спеціалізованих цілей. Також виготовляються тунельні печі для харчової промисловості.

2.4 Тунельна піч розробки ВАТ «Гіпростром»

В даному підрозділі буде розглянута тунельна піч, що була розроблена компанією «Гіпростром» [6] для цегельних заводів міста Ростов-на-Дону. На даний момент в місті діє досить велика кількість заводів, в більшій частині яких використовуються печі даної конструкції.

Конструктивно дана тунельна піч майже нічим не відрізняється від інших представників цього типу. Вона також має три теплові зони. Центральна зона має майже в два рази товщі стінки для кращої теплоізоляції від навколишнього середовища. На рисунку 2.3, зображено вигляд згори та перерізи зони підігріву та зони випалу цегли.

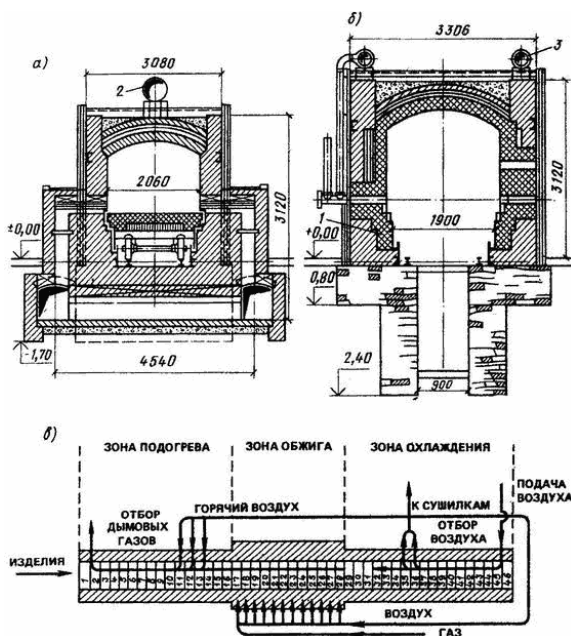


Рисунок 2.3 – Будова тунельної печі розробки «Гіпростром»

З рисунку 2.3 відразу можна побачити певні збіжності з загальними принципами побудови тунельних печей. В частині, де зображено вигляд згори чітко видно розташування трубопроводів, та вентиляційних шахт. Піч в зоні випалювання має газові горілки, що призначені для випалювання глиняних виробів.

Варто відмітити також, що дана піч має дуже розгалужену вентиляційну систему. Вентиляційні отвори розташовані на рині. Трохи вищому за рівень основи вагонетки, це допомагає продувати гарячим, або холодним повітрям майже всю цегляну кладку, розміщену на вагонетці. Повітря, що використовується для охолодження також після того, як нагрівається, використовується в корисних цілях. Частина цього повітря використовується в якості нагрівача в сушарках сирої цегли. Інша частина іде в якості компоненту для згорання газу, а третя його частина йде на нагрів цегляних кладок в зоні підігріву. Використання гарячого повітря допомагає досить точно контролювати температурний режим зони підігріву таким чином, щоб цегляна кладка рівномірно прогрівалася протягом усього свого шляху через тунель.

Зона підігріву, як і має бути, обладнана витяжною вентиляцією для витягування диму. Що утворюється в процесі вигорання органічних домішок в цеглі та як вказано самим розробником викидається в атмосфери при температурі близько 400 °C.

Ще однією особливістю даної печі є те, що в ній впродовж руху вагонетка знаходить у спеціально створеному заглибленні. Дана конструкція призначена для того, щоб максимально убезпечити вагонетку від згубних температурних перепадів. Проблема в тому, що вагонетки не виконуються з жаростійких матеріалів, і навіть якби виконувалися, то вони були б надто дорогими та недовговічними. При середній температурі випалювання в 1000 °C жодна вагонетка не зможе довго виконувати свої задачі, тому замість того, щоб виконувати вагонетку жаростійкою, вона виконується зі звичайних матеріалів та має жаростійке керамічне покриття. Таким чином вагонетка є досить захищеною

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

від теплових впливів згори, а з боків вона захищена стінами самої печі. Що також виконані з жаростійкої шамотної цегли. Це збільшує строк роботи кожної вагонетки в декілька десятків разів.

Для цієї печі також була розроблена оптимальна кладка цегли, що дозволяє ефективно використовувати гаряче повітря для нагріву виробів. Приклади цієї кладки зображено на рисунку 2.4.

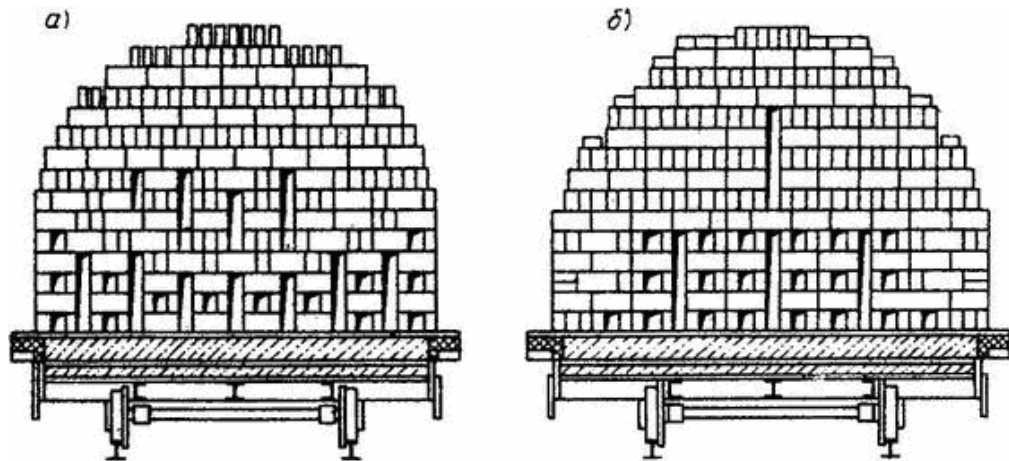


Рисунок 2.4 – Способи кладки цегли в печах розробки «Гіпростром»

Дана піч має ще одну особливість, яка дуже позитивно впливає на роботу печі – це жолоб на дні зони випалювання цегли. Він призначений для циркуляції в ньому холодного повітря, що потрапляє в зону випалювання з зони охолодження, це допомагає знизити загальну температуру під вагонеткою.

Дана піч має такі характеристики:

- довжина каналу близько 150 м;
- ширина каналу 2.06 м;
- висота каналу близько 1.7 м;
- температурний режим зони підігріву: нагрів виробів на 80 °С/год до температури в 200 °С, потім нагрів по 150 °С/год до 900 °С;
- додаткове підняття температури до 950 °С. Підтримка температури зони випалювання близько 1050-1100 °С;

- поступове охолодження цегли природним шляхом до 400 °С;
- охолодження за допомогою конвекції по 100 °С/год до 50 °С;
- процес випалу займає близько 30 – 35 годин;
- кладка цегли при її випалі близько 280 штук на 1 м³.

Дана піч є дуже гарним прикладом, але також є кілька мінусів, що можуть вплинути на роботу. Піч не має шлюзів між зонами, що може негативно сказатися на контролі температурного режиму окремих зон. Також є ще один недолік – це те, що в зоні випалу цегла знаходиться під прямою дією полум'я горілок, до того ж вони розташовані лише з одного боку, що може недопекти цеглу з протилежного боку. Хоча піч і має певний набір недоліків, але вона є перевіреним та надійним варіантом і її конструкція є досить широко використовуваною.

З даного прикладу можна запозичити метод регулювання температури в зоні підігріву, нагрів цегли за допомогою повітря дасть рівномірний прогрів всієї маси виробів, що гарно вплине на якість продукції. Також дуже гарною ідеєю є використання вентиляційних шахт на рівні з основою вагонетки. Останнім, що можна запозичити з даного прикладу це розміщення горілок, але запозичити в якості негативного прикладу, більш ефективним буде розміщення таких горілок з обох боків камери випалювання причому в самій стіні, щоб відкрите полум'я меншим чином впливало на вироби.

2.5 Тунельна піч конструкції інституту «Украгропроектстройіндустрія»

Серед невеликої кількості прикладів реально існуючих печей для випалювання глиняних виробів, була знайдена розробка Українського інституту «Украгропроектстройіндустрія» [3]. Даний приклад є цікавий тим. Що має дуже незвичний підхід до побудови печі.

Піч була розроблена для випалювання цегли різних видів. Вона має будову спільну з усіма тунельними печами, за винятком того, що в ній використовуються

шлюзові ворота для відділення зони випалювання від двох інших зон. Додатково в ній використовують ворота для закриття входу та виходу в піч, для зменшення енерговитрат на підтримку температурного режиму печі. Варто відмітити, що інформації про те, чи реалізована піч знайдено не було, тому цей приклад варто сприймати як теоретичну розробку, але все ж її варто розглянути через можливість знаходження певних особливостей, що можуть бути використані в процесі розробки дипломного проекту.

Вигляд згори на тунельну піч та графік температурного режиму зон підігріву, випалювання та охолодження можна побачити на рисунку 2.5.

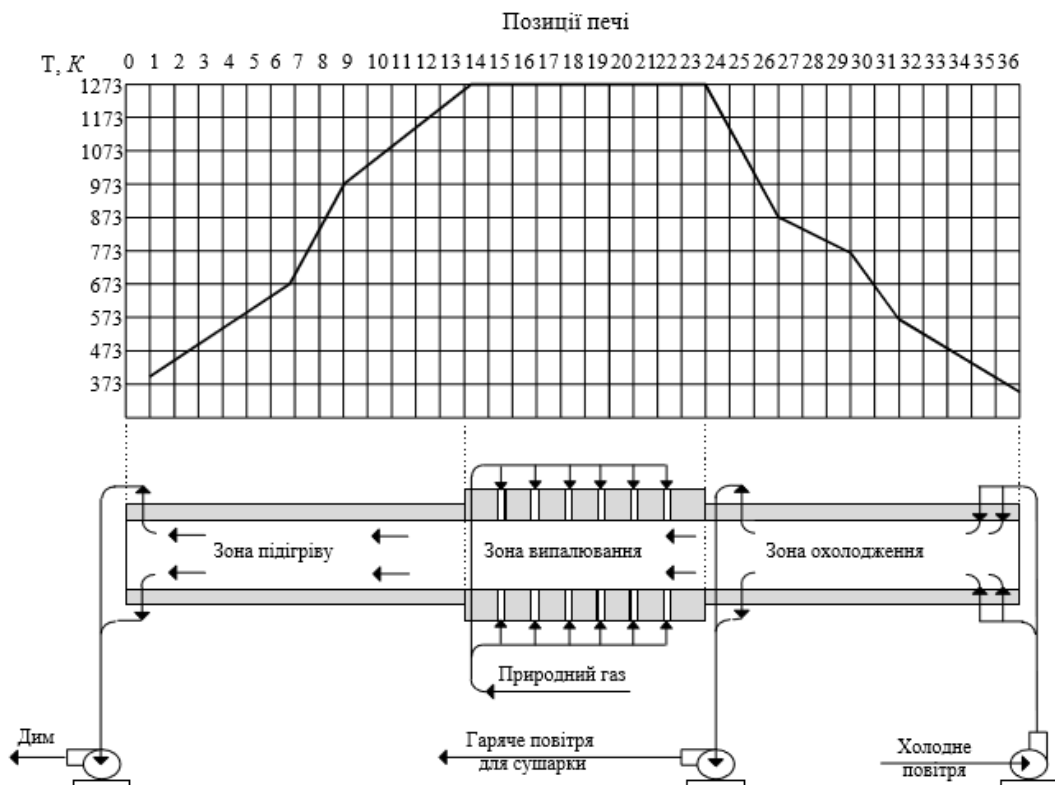


Рисунок 2.5 – Структура та температурний режим теплових зон печі розробки «Укragропроектстройіндустрія»

З рисунку 2.5 можна відмітити, що дуже гарним чином обладнана зона охолодження. Через ефективне використання нагрітого гарячою цеглою повітря. Шлюзові ворота не дають високій температурі зони впливати на температурний

режим зон охолодження та підігріву, що допомагає дуже точно контролювати тепловий режим окремих зон. На початку зони підігріву знаходиться вентиляція для відведення диму. В зоні випалювання присутня мінімальна циркуляція повітря, а горілки розташовані двома рядами з обох боків тунелю, до того ж вони розміщені не прямо в каналі, а в спеціальних вогнетривких трубках в стінах, що не сильно впливає на ту кількість потужності, що буде створюватися горілками, але дуже сильно підвищує якість виробів, внаслідок того, що вони не взаємодіють з відкритим полум'ям та продуктами горіння.

Будова вагонетки в даній печі є досить специфічною. Сама вагонетка не заглиблена в спеціальний жолоб, що міг би бути розташованим вздовж всього каналу випалювання, натомість вагонетка переміщається по заглиблених в підлогу рейках. Оскільки вагонетка знаходиться дуже близько до відкритого полум'я горілок, а це майже 1500 °С, для її захисту було прийнято рішення обкласти вагонетку металічним піддоном з вигинами донизу з боків, ззаду та спереду. Поверх цього металічного піддону вагонетка обкладена жаростійкою цеглою та керамічними жаростійкими плитами. Такий захист майже гарантує захист вагонетки від високих температур.

У цієї печі передбачено кілька режимів роботи, для виробництва в звичайному режимі, та в посиленому. Звичайний режим передбачає використання шлюзових воріт, але не дуже високу продуктивність, в порівнянні з посиленим режимом роботи. Посилений режим роботи передбачає відкриття шлюзових воріт та безперервне завантаження вагонеток з виробами в піч. Таким чином контроль температури в зона досягається дуже високою щільністю вагонеток, що допомагають вирівняти температуру в потрібних частинах зони, тим самим досягаючи достатніх показників якості цегли та великих обсягів готової продукції.

На рисунку 2.6 схематично показано піч при посиленому режимі роботи. Вагонетки подаються одна за одною з дуже малою відстанню між ними, замість закритих шлюзів відмічені умовні межі теплових зон.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

При такій роботі певним чином збільшуються витрати палива на нагрів зони випалювання тому, що збільшується циркуляція повітря за рахунок участі не лише вентиляції, а і довільних потоків повітря через вхідний, або вихідний шлюзи.

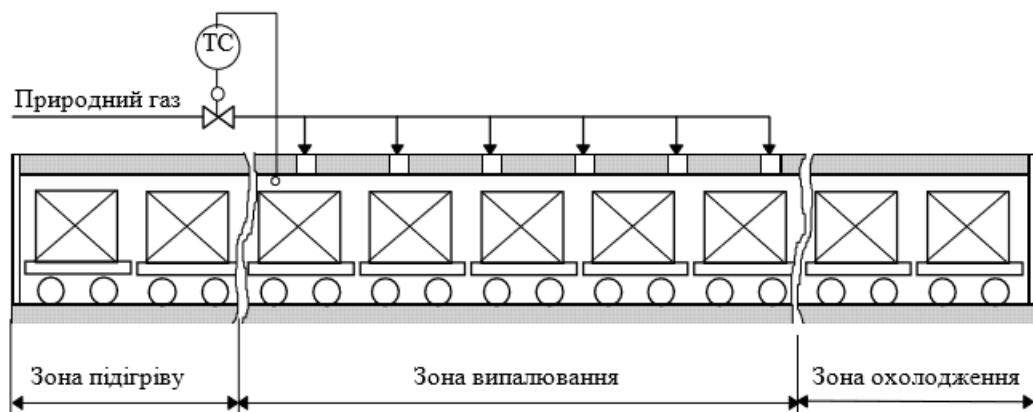


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення печі під час посиленого режиму роботи

Дана піч хоч і має два режими роботи, але реально використовувати можна лише один. Посилений режим роботи дає дуже гарні показники випущеної продукції, але є дуже велика проблема з завантаженням вагонеток. Для того, щоб реально змусити піч працювати таким чином, потрібно мати надзвичайно великі виробничі потужності, тому що людина не здатна завантажувати вагонетку такою кількістю цегли за годину. Це потребує чітко налаштованої автоматизованої виробничої лінії. Тільки тоді можливо буде запустити такий режим роботи. Також потрібно буде встановити автоматизовану систему подачі вагонеток в піч, щоб вони подавалися в піч безперервно та з чітко вивіченим інтервалом. Дана піч при її довжині може в себе вміщати 36 вагонеток з цегляною кладкою. Так можна досягти дуже високої продуктивності, такої, яку представлені раніше печі не зможуть видати при будь-яких умовах. Заявлена продуктивність роботи печі сягає шалених цифр, а саме: 13.5 млн. штук на рік. Для порівняння тунельні печі в середньому мають продуктивність біля 10 млн. штук на рік. Тобто таким чином

при роботі печі в посиленому режимі можна досягти майже на 30% більшої ефективності.

Ще однією вимогою до такої роботи печі є чітко налаштована система проштовхування вагонетки через канал, вони виконуються або механічними, з проштовхуванням за допомогою гвинта, або тросу, або гідравлічними.

В будь-якому разі, більшість підприємств не здатні дозволити собі встановлення даної печі, не кажучи про її роботи в максимально продуктивному режимі, але вона має дійсно гарні параметри, що навіть при роботі в звичайному режимі випалювання дають трохи вищі за середні показники продуктивності.

Піч конструкції інституту «Укراгропроектстройіндустрія» має такі характеристики:

- продуктивність до 13.5 млн. шт. на рік;
- розміри робочого каналу: висота 2.1 м, ширина 2.4 м, довжина 105.7 м;
- розміри вагонетки: довжина 2.8 м, ширина 2.35 м;
- середня вага виробів на вагонетці 10.2 – 11.2 т;
- кількість вагонеток в печі 36 шт;
- час обпалювання 36 год;
- температура випалювання 1000 °С.

Варто відмітити, що для печі, з каналом випалювання, що має канал випалу близький до загальноприйнятих показників, маса виробів на вагонетці є досить високою. При середній масі однієї повнотілої цеглини в 3.45 кг, та навіть при втраті нею 5% маси внаслідок випалювання, кожна вагонетка перевозить близько 3 тис. цеглин.

Даний приклад печей є з поміж усіх найкращим, піч має шлюзові камери між зонами, що допомагає дуже точно контролювати температуру виробів, обсяги виготовлюваної продукції є надзвичайно великими, горілки знаходяться з обох боків печі і вони вмонтовані в стіни, що не дозволяє відкритому полум'ю потрапляти на вироби.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		26

Головними недоліками цієї печі є неможливість використовувати її переваги в продуктивності без автоматизованої системи подачі вагонеток, а така система буде надто дорогою для невеликих підприємств. Також піч вимагає постійної подачі матеріалу для випалу, найменший збій в роботі призведе до великих втрат.

2.6 Тунельні печі компанії «ALTA»

Під час пошуків прикладів виконання тунельних печей був знайдений один із найкращих прикладів виконання тунельної печі. Дані печі схожим чином, як і рішення компанії «Серіке» мають досить широкий вибір рішень. Вони включають в себе тунельні печі різної кількості каналів випалу.

Печі даний виробник виконує з жаростійкої шамотної цегли, з теплоізоляційними прошарками. Верхній шар викладений червоною цеглою. Завдяки цьому стіни даних печей мають дуже низьку температуру, близько 90 °С.

Стеля печі виконується навісною. Вона кріпиться до стелі за допомогою металевих кріплень. Сама стеля також має багат шарову структуру і має дуже низьку як для печі таких потужностей температуру, близько 200 – 350 °С. Це обумовлено наявністю вмонтованих в стелю газових горілок для випалу цегли.

На веб-ресурсах розробника було викладено досить мало інформації з приводу того, які характеристики має дана піч. Була описана дуже мала їх кількість, щоб зацікавити покупця. Аналогічно з компанією «Серіке», компанія «ALTA» [7] займається не автоматизацією існуючих печей, а продажем повністю готових рішень, починаючи від побудови корпусу самої печі. Готове рішення включає в себе: зведення фундаменту, встановлення виконавчих органів, встановлення засобів автоматизованого керування, встановлення засобів безпеки та встановлення робочого місця оператора печі.

Виробником заявлена продуктивність роботи печі від 15 млн. штук умовної цегли на рік. Виходячи з демонстраційних відео, продуктивність роботи печі досягається за рахунок збільшення розмірів вагонетки, що дозволяє збільшити

разову вихідну кількість цегли, та за рахунок пришвидшеного процесу випалювання. Якщо в тунельних печах інших виробників підігрів, охолодження та випал проходять в середніх частинах допустимих інтервалів швидкостей нагріву, охолодження та в середньому інтервалі температури випалювання, то даний виробник використовує межі цих областей. Типовим прикладом цього є те, що зазвичай для випалу цегли використовується температура близька до 1000 °С, то в печі даного виробника цегла випалюється за температури 1150 °С. Таке рішення вносить певні поправки в процес випалювання. Випалювання при збільшеній температурі дуже прискорює процеси, що перетворюють цеглу-сирець на повноцінну керамічну цеглу. Витрати палива на пришвидшене випалювання цегли цілком компенсуються за рахунок швидкості протікання процесу.

Головною перевагою даної печі над усіма сучасними, як заявляє виробник, є простота її експлуатації. Піч повністю автоматизована і керування нею проходить з єдиного операторського місця. Воно обладнано таким чином, щоб оператор приймав мінімальну участь у процесі виробництва. Його головним завданням є контроль виведених на пульт керування даних, про проходження процесу випалу цегли.

Як видно з рисунку 2.7 дані печі мають досить велику ширину. Вагонетка має специфічну форму. Вона своїми бортами входить в паз стіни. Така конструкція є захистом вагонетки від впливів високої температури. Також присутні шлюзові ворота. З зображення видно невеликий пульт керування для екстреного вимкнення печі, або її контролю, якщо пульт керування було пошкоджено, або з якихось причин він перестав працювати.

Загалом про дану піч відомо досить мало, виробник виклав технічні характеристики даного рішення. Серед невідомих показників невідомими є: розміри каналу випалювання, місткість вагонетки, середні витрати палива на виробництво. Ці показники в даному випадку є досить вагомими при виборі печі для випалу.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		28

З того, що все ж відомо, можна зробити висновок, що дане рішення є досить дорогим, у зв'язку з тією кількістю автоматики, яку включає в себе піч, це і системи вентиляція, система транспортування вагонетки, нагрівачі, що спалюють газ, пульт керування.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд печі для випалу цегли «ALTA»

Враховуючи те, що процес випалу проходить в прискореному режимі, йдуть підвищені витрати палива, це і складає досить високу вартість такого рішення. До недоліків також можна віднести той факт, що дана піч призначена для заводів, що здатні виробляти близько 15 млн. шт. цегли - сирцю на рік. Для інших підприємств дана піч може бути занадто затратною, так вказано на сайті виробника.

Як видно з рисунку 2.8 стеля печі є пласкою, та на ній рядами розташовані вертикальні горілки, якщо придивитися, їх досить багато, біля 100 штук, але досі лишається відкритим питання про їх потужність.

2.7 Варіант власної реалізації

Для реалізації печі безумовно було обрано варіант тунельної печі. Це дасть досить просто її автоматизувати. Довжина печі буде приблизно 100 м, з таким розподілом: 75 м – зона підігріву, 30 м - зона випалу та 50 м зона охолодження.

					IA51.080BAK.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		29

При такій довжині каналу було вирішено рухати вагонетку зі швидкістю біля 3 м/год, це дасть виробам рівномірно прогріватися.



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд системи нагріву печі «ALTA»

Динаміка підігріву буде наступною: протягом 25 годин вироби будуть рівномірно прогріватися гарячим повітрям, приблизно по 50 °С, з поступовим зменшенням швидкості нагріву.

В зоні випалу будуть розташовані горілки вмонтовані в стіну та стелю, які повинні будуть підтримувати температуру на рівні 1000 ± 10 °С. Обпалюватися вироби мають протягом 10 годин.

Процес охолодження спочатку буде проходити природним шляхом до температури в 400 °С, конвекційним охолодженням.

Також за задумом в зоні підігріву температура буде контролюватися шляхом конвекції. Повітря буде закачуватися з камери обпалювання та закачуватися в камеру підігріву. Передбачено, що весь час випалу виробів займатиме близько 50 годин та вагонетки будуть завантажуватися в піч порціями по кілька штук.

Було вирішено не використовувати підвищену швидкість випалу, адже дане рішення початково планувалося для заводів малого та середнього рівня, за таких умов буде недоцільно використовувати високу швидкість випалу, враховуючи, що дані заводи імовірно за все не зможуть забезпечити дану піч потрібною кількістю цегли – сирця, щоб піч не простоювала.

2.8 Висновок до розділу 2

Під час написання даного розділу, було розглянуто шість варіантів різної реалізації печей для випалу глиняних виробів. Деякі з цих варіантів були більш успішними, деякі менш успішними, але враховуючи, що більшість цих варіантів, а саме 5 описаних печей реально реалізовані, та працюють, можна зробити висновок, що вони дійсно успішні.

Самі печі мали різну будову, в них було знайдено конструктивні особливості, деякі з яких було вирішено використати у власній реалізації печі. Наприклад після розгляду кільцевої печі міста Лубни було вирішено використати ідею з великою кількістю вентиляцій, для підвищеного контролю потоків повітря. При розгляді печі «Украгропроектстройіндустрія» найбільший інтерес був до системи шлюзових воріт, які використовувалися для підвищення контролю температурного режиму окремих областей печі.

В кінці розділу було представлено варіант власної реалізації, він демонструє лише базові особливості, які матиме піч. Особливості конструкції було вирішено додати до варіанту реалізації при побудові структурної та функціональної схем печі.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		31

3 ПОБУДОВА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПЕЧІ

3.1 Опис принципів побудови структурної схеми печі

Побудова структурної схеми об'єкту автоматизації – це перший етап до побудови функціональної схеми, яка в свою чергу має пояснювати систему зв'язків між елементами системи автоматизації. По функціональній схемі проводиться вибір елементної бази та по ній проводиться написання програми контролера об'єкту автоматизації.

Структурна схема призначена показати основні структурні елементи об'єкта автоматизації та базові зв'язки між цими елементами. Оскільки структурна схема є досить абстрактною, немає чітких вимог до виділення структурних елементів. Зважаючи на це структурна схема будувалася за наступними принципами.

На структурній схемі було вирішено відобразити основні виконавчі елементи, що використовують в процесі випалу. Піч поділена на три основні зони штрих пунктирною лінією, на зони підігріву, випалу та охолодження.

Зона підігріву включає в себе: вентиляція підігріву, вентиляція охолодження, вхідний заслін та вихідний заслін. Вентиляція підігріву являє собою два вентиляційних тунелі, що працюють синхронно, один викачує певний об'єм повітря з початку зони підігріву, а інший закачує такий же об'єм гарячого повітря з зон підігріву та охолодження. Вентиляція охолодження являє собою вентиляційний тунель, що призначений для швидкого охолодження зони підігріву. Вхідний заслін це шлюзові ворота на початку зони підігріву. Їх призначення зменшення теплової взаємодії зони підігріву з зовнішнім середовищем. Вихідний заслін – це шлюзові ворота з вогнетривких матеріалів, призначені, для ізоляції зони випалу від зони підігріву, вони відчиняються лише коли вагонетки з виробами підходять до зони випалу.

Зона випалу включає в себе: газові горілки, газовий насос та вентиляцію. Газові горілки це виконавчі пристрої для безпосереднього нагріву зони випалу

печі. Газовий насос призначений для регулювання потоку палива до газових горілок. Таким чином можна додатково покращити контроль температурного режиму зони випалу. Вентиляція призначена для закачування в зону випалювання повітря, яке призначене, для створення потоку повітря для обдуву гарячим повітрям кладки цегли та постачання кисню для горілок.

Зона охолодження представлена трьома елементами: вентиляцією, вхідним заслоном та вихідним заслоном. Вентиляція грає ключову роль в даній зоні. Перший етап являє собою поступове охолодження вагонетки після виходу з зони випалу, а потім передбачено примусове охолодження вагонетки за допомогою циркуляції повітря. Вхідний заслін, що зроблений з вогнетривких матеріалів призначений для ізоляції зони випалу. Він відчиняється лише коли вагонетка підходить близько до шлюзових воріт. Вихідний заслін призначений вже для ізоляції зони охолодження від зовнішнього середовища.

Блок керування являє собою поєднання контролера та щита, контролер постійно контролює перебіг процесу випалювання, а на щиті відображаються певні показники проходження процесу.

Керування транспортером відбувається з пульта управління, тому він не був розглянутий в подальшому при проектуванні. Він рухається зі сталою швидкістю протягом усього часу роботи печі.

Готова структурна схема печі для випалу глиняних виробів представлена на кресленику IA51.080БАК.005 Э1.2.

3.2 Висновки до розділу 3

В ході написання даного розділу було розроблено структурну схему печі для випалу глиняних виробів. Також описані ті структурні елементи, що були зображені на ній, їх призначення та функції. За цією схемою в подальшому написанні дипломного проекту буде розроблятися функціональна схема автоматизації.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		33

4 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

4.1 Розрахунок геометричних розмірів вантажу на вагонетці

Для розрахунку геометричних розмірів кладки цегли, або взагалі вантажу на вагонетці потрібно знаки кілька параметрів: геометричні розміри виробів, геометричні розміри вагонетки, геометричні розміри каналу випалювання.

Для даного етапу було вирішено провести розрахунки для вагонетки наповненої повнотілою цеглою. Дані вироби мають такі геометричні розміри: довжина 250 мм, ширина 120 мм та висота 65 мм. Така цегла є досить важкою тому при розрахунку фактично буде розраховано максимально поганий варіант випалу виробів.

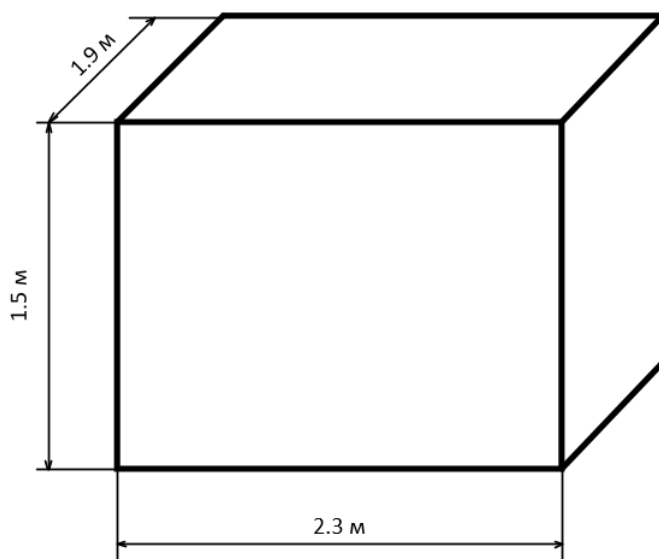


Рисунок 4.1 – Геометричні розміри вантажу та його представлення

На рисунку 4.1 представлено геометричні розміри вантажу. Цегла складена на вагонетку у вигляді паралелепіпеда. Дане представлення є досить грубим, адже не враховується певна площа, яка буде обдуватися гарячим повітрям. Всередині даної конструкції також мають бути два досить великого розміру отвори не

закладені цеглою, вважатимемо площу відкритої до проходження повітря рівною площі основи даної кладки.

Маючи ці дані, вже можна розрахувати кількість цегли, та її масу, що вміщатиметься в даний об'єм. Розміри даного паралелепіпеду були взяті з поглядом на розміри вагонетки : довжина 2.5 м, ширина 2.05 м, висота вагонетки 0.5 м. Висота каналу випалювання - 2.2 м. З поправками на невеликий проміжок пустого місця між вантажем та стінками каналу випалювання.

Знаючи розміри цегли та місця, що доступне для використання на вагонетці, потрібно було розрахувати кількість виробів, що можуть поміститися на вагонетці.

$$S_{\text{цегл.}} = L_{\text{цегл.}} * W_{\text{цегл.}}, \quad (4.1)$$

$$S_{\text{ван.}} = L_{\text{ван.}} * W_{\text{ван.}}. \quad (4.2)$$

Підставивши значення довжин та ширини вантажу та однієї цеглини в формули (4.1) та (4.2), було визначено кількість цеглин, що можуть лягти в основі вагонетки. Таким чином отримуємо:

$$S_{\text{цегл.}} = 0.03 \text{ м}^2,$$

$$S_{\text{ван.}} = 4.37 \text{ м}^2.$$

Далі було знайдено безпосередньо кількість цеглин, поділивши $S_{\text{ван.}}$ на $S_{\text{цегл.}}$. В результаті отримано 145.6 цеглин, а отже 145 цеглин можна покласти в основу вагонетки. Потім було знайдено кількість рядів цегли, які можна накласти на вагонетку, поділивши висоту вантажу на вагонетці, на висоту однієї цеглини. З формули (4.3) отримано результат в 23 ряди цегли. тепер помноживши кількість

цегли в основі на кількість рядів, отримано значення кількості цеглин на вагонетці, а саме: 3300.

$$N = \frac{h_{\text{цегл.}}}{h_{\text{вант.}}} = \frac{1.5}{0.065} = 23. \quad (4.3)$$

Масу однієї цеглини також є загальноприйнятою, для даного виду цегли її маса 3.45 кг. Помноживши масу однієї цеглини на її кількість отримано масу цегли на вагонетці – 11385 кг.

4.2 Розрахунок особливостей зони підігріву

Далі дуже важливим етапом є процес підігріву цегли, який може призвести до втрати нею міцності. Тому було прийнято рішення нагрівати цеглу повільно, за допомогою гарячого повітря, при цьому важливо, щоб температура вантажу росла повільно.

Під час виконання роботи, виявилось, що ефективність нагрівання твердих тіл повітрям знижується в залежності від різниці їх температур і нагрів повітря зі швидкістю 150 °С/год взагалі є неможливим

Наступним кроком було вирішено визначити кількість тепла, яку потрібно надати всій кладці цегли, для того, щоб вона нагрівалася з можливою швидкістю у 50 °С/ год.

$$\Delta Q = m * C * \Delta t. \quad (4.4)$$

Виходячи з формули (4.4) для того, щоб знайти потрібну кількість тепла, потрібно було визначити значення питомої теплоємності цегли та потрібно знати величину зміни температури, щоб кладка нагрівалася на 50 °С/год. Для різної цегли значення питомої теплоємності коливається від $770 \frac{\text{Дж}}{\text{кг*К}}$, до $880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг*К}}$. Для

повнотілої цегли, виготовленої зі звичайної червоної глини питома теплоємність рівна $820 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Для знаходження величини зміни температури, потрібно було просто поділити потрібне значення на 3600, тоді було отримано значення зміни температури.

$$\Delta Q = \frac{\Delta T}{3600} = \frac{50}{3600} = 0.013 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{год}}.$$

Тепер підставивши всі знайдені числа в формулу (4.4), було таким чином знайдено потрібну для нагріву кількість тепла.

$$\Delta Q = 11385 * 820 * 0.013 = 121364 \text{ Вт}.$$

Варто сказати, що це досить велика кількість тепла, враховуючи, що це лише розрахунок на один градус.

Далі потрібно було перевірити, чи здатне повітря хоча б якийсь час давати потрібну для нагріву кількість тепла.

$$Q = \lambda * S * \Delta t, \quad (4.5)$$

де λ – коефіцієнт тепловіддачі повітря;

S – площа поверхні взаємодії;

Δt – різниця температур повітря та кладки.

Коефіцієнт тепловіддачі повітря – це досить специфічна величина, яка використовується для відображення теплової взаємодії двох середовищ, в даному випадку повітря з цегляною кладкою. Даний показник коливається не тільки в залежності від середовищ, а і їх фізичних властивостей, так показник тепловіддачі повітря по відношенню до гладких твердих тіл, а в даному випадку цеглу вважатимемо гладким твердим тілом, складає $5.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Також на цей показник впливає і швидкість руху цього повітря, при цьому даний показник змінюється на

$0.4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, за кожен м/с швидкості руху повітря. У випадку з зоною підігріву печі даного дипломного проекту передбачено, що для покращення теплообміну, швидкість повітря складатиме 3 м/с. В результаті коефіцієнт теплопровідності повітря відносно цегляної кладки складає $6.8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

З площею взаємодії все набагато простіше. Використовуючи рисунок 4.1 можна легко розрахувати площу граней даного паралелепіпеда. В результаті маємо такі значення: площа бічної грані – 3.45 м^2 , площа верхньої грані – 4.37 м^2 , площа передньої грані – 2.85 м^2 . Тепер враховуючи те, що в передній проекції зроблені наскрізні отвори з такою внутрішньою площею, як і у недоступної до теплової взаємодії основи, матимемо наступне рівняння для площі взаємодії.

$$S_{\text{вз.}} = 2 * S_{\text{біч.}} + 2 * S_{\text{пер.}} + 2 * S_{\text{верх.}}, \quad (4.6)$$

де $S_{\text{біч.}}$ – площа бічної сторони;

$S_{\text{пер.}}$ – площа передньої сторони;

$S_{\text{верх.}}$ – площа верхньої сторони.

Таким чином підставивши значення в формулу (4.6) отримуємо наступне значення:

$$S_{\text{вз.}} = 2 * 3.45 + 2 * 2.85 + 2 * 4.37 = 21.34 \text{ м}^2.$$

Останнім значенням, потрібним для обчислення була різниця температур її знаходили знаючи те, що повітря в кімнаті нагріте до температури в $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура цегли спочатку буде прийнята за $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Так, віднявши від значення температури повітря значення температури цегляної кладки і було отримано різницю температур у $980 \text{ }^\circ\text{C}$. Підставивши значення у формулу (4.5) було отримано кількість тепла, що початково здатне віддавати повітря.

$$Q = 6.8 * 21.34 * 980 = 142209.76 \text{ Вт.}$$

Отже за попередніми показниками повітря має впоратися з забезпеченням поступового нагріву цегляної кладки. Тепер варто продемонструвати, чому не вдалося реалізувати попередній задум з нагрівом зі швидкістю 150 °С/год та короткою камерою підігріву, підставивши ті ж значення в формулу (4.5), за винятком різниці температур, наприклад, коли цегла досягне температури в 500 °С, різниця температур дорівнювала б 500 °С.

$$Q = 6.8 * 21.34 * 500 = 72556 \text{ Вт.}$$

Бачимо, що кількість тепла, яку реально віддає повітря при такому значенні температури цегли, зменшилося в два рази. Це і обумовлює зменшення швидкості нагріву. Оскільки максимальна температура повітря, якої можна досягти в зоні підігріву – це 1000 °С, то відповідно і збільшити швидкість нагріву кладки, враховуючи тенденцію зниження швидкості нагріву цегли, просто фізично неможливо. Значення швидкості нагріву буде неможливо збільшити, і ближче до середини процесу підігріву швидкість нагріву впаде вдвічі, що вже непомірно сильно затягне процес нагріву виробів. Після таких результатів і було вирішено використати мінімально допустимі температури, при яких можливо ввести вироби до зони випалу, без небезпеки їх руйнування. Так при температурі в 750 °С, будь-який глиняний виріб можна без ніяких перешкод помістити в область високих температур, в даному випадку в зону випалу.

Останнім елементом зони підігріву лишається швидкість руху повітря, яку потрібно забезпечити. Якщо в даній зоні швидкість руху повітря не буде рівна 3 м/с, то і швидкість нагріву цегляної кладки на вагонетці буде недостатньо високою. Знайти значення потрібної кількості повітря можна за наступною формулою:

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		39

$$v_{\text{пов.}} = \frac{V_{\text{пов.}}}{S * 3600}, \quad (4.7)$$

де $v_{\text{пов.}}$ – швидкість повітря в зоні підігріву;

$V_{\text{пов.}}$ – об'єм повітря, що має закачувати вентиляція за годину;

S – площа перерізу виходу вентиляційної шахти.

За формулою (4.7) потрібно було знайти не швидкість повітря, а його об'єм, що матиме закачувати система вентиляції за годину. Таким чином, знаючи швидкість руху повітря, якої потрібно досягти, потрібно було задати лише площу перерізу вентиляційної шахти, наприклад 0.1 м^2 . Виводимо формулу шуканого об'єму повітря з формули (4.7).

$$V_{\text{пов.}} = v_{\text{пов.}} * S * 3600. \quad (4.8)$$

Тепер підставивши знайдені значення в формулу (4.8) знаходимо шуканий об'єм повітря.

$$V_{\text{пов.}} = 3 * 0.1 * 3600 = 1080 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$1080 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ – це $0.3 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$, так отримане значення є досить звичайним, для нормальної потужності вентиляцій на підприємствах. Знайти такий не складе великих зусиль.

4.3 Розрахунок особливостей зони випалу

Першочергово, потрібно розуміти, що випал цегли відбувається не з $900 \text{ }^\circ\text{C}$, а з $700 \text{ }^\circ\text{C}$, тому і зона випалу повинна бути набагато потужніша, щоб зуміти

нагріти цеглу до потрібної температури, та витримати її про потрібній температурі у 1000 °С.

Для нагріву самої цегли потрібно використати певну кількість тепла. Потрібно було її розрахувати.

$$Q = m * C * \Delta T = 11385 * 820 * 300 = 2800710000 \text{ Дж.}$$

Вентиляція на виході зони випалу призначена для створення потоку повітря, який має покращити теплопередачу. Вентиляційна шахта також розрахована на створення потоку повітря швидкість 3 м/с. враховуючи середню різницю температур між цегляною кладкою та повітрям. Можна розрахувати додаткову кількість тепла, яку цеглі віддаватиме повітря, використавши формулу (4.5).

$$Q = \lambda * S * \Delta T * 3600 = 6.8 * 21.34 * 150 * 3600 = 78360480 \text{ Дж.}$$

Далі треба було знайти потрібну кількість горілок, для забезпечення такої кількості тепла. Для даної печі було вирішено використовувати горілки потужністю близько 5900 кВт. Далі було знайдено кількість горілок, що задовольнила б дані витрати.

$$N_{\text{горілок}} = \frac{Q_{\text{заг.год}}}{P_{\text{горілки}}}, \quad (4.9)$$

де $Q_{\text{заг.год}}$ – кількість тепла, яку мають давати всі горілки за годину.

Для того, щоб знайти $Q_{\text{заг.год}}$ потрібно загальну, потрібно було кількість тепла поділити на кількість годин, тобто на 8.

$$Q_{\text{заг.год}} = 2800710000 - 78360480 = 2722349520 \text{ Дж,}$$

$$Q_{\text{заг.год}} = \frac{2722349520}{8} = 340293690 \text{ Дж.}$$

Тепер, знаючи загальну кількість тепла, яка потрібна в годину для забезпечення нормального режиму роботи печі, було знайдено потрібну кількість горілок, підставивши знайдені значення в формулу (4.9).

$$N_{\text{горілок}} = \frac{349293690}{5900000} = 60 \text{ штук.}$$

Отже для даної печі, щоб покрити всі енергетичні витрати всередині системи потрібно 60 горілок потужністю 5900 кВт, щоб процес випалу протягом 10 годин остаточно був успішним.

4.4 Розрахунок особливостей зони охолодження

В зоні охолодження присутній лише єдиний процес, що вартий уваги, але він є не менш важливим – це процес охолодження вагонетки з виробами. До температури у 900 °С вони є досить вразливими до різких перепадів температури, тому знижувати температуру потрібно досить повільно.

Охолодження виробів буде також проводитися за допомогою холодного повітря. Передбачено пришвидшити рух повітря до 4 м/с і додати додатковий канал, який буде витягувати повітря з початку зони охолодження зі швидкістю 1м/с, яке йтиме на нагрів виробів в приміщеннях для сушки. Підставивши в формулу (4.5) потрібні значення отримаємо кількість тепла, яку буде забирати повітря у цегляної кладки.

$$Q = 7.2 * 21.34 * (20 - 1000) = -150575.04 \text{ Дж.}$$

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		42

Дана кількість тепла також буде зменшуватися, оскільки вона як і у випадку з зоною випалювання. Головною відмінністю є те, що вироби можуть виходити з печі вже за температури близько 300 - 400 °С, в цьому діапазоні температур він перестає бути ламким.

4.5 Висновки до розділу 4

Під час написання даного розділу була проведена досить велика кількість розрахунків. Основною метою даних розрахунків було обґрунтувати власну реалізацію печі для випалу глиняних виробів. Деякі результати розрахунків були досить неочікуваними, як наприклад та кількість тепла, яка потрібна була б для нагріву вагонетки. Розрахунки дали можливість отримати основні показники протікання процесу, таким чином дані розрахунки можуть бути використані в процесі моделювання. Вони допомогли зрозуміти реальні розміри печі, час проходження процесу.

Серед результатів розрахунків можна виділити також розраховану кількість горілок, що будуть використовуватися безпосередньо для випалу. За розрахунками. Для цього потрібно 60 горілок потужністю 5900 кВт.

Також під час написання цього розділу були визначені геометричні розміри вентиляційних шахт, для того, щоб створювати потрібну швидкість повітря у відповідних зонах.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		43

5 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

5.1 Загальні положення

Під час проведення розрахунків зазвичай отримують результати, які вже можна використовувати для закінчення проектування системи автоматизації, але таким чином будується досить погана система, яка не здатна до довготривалої роботи, або має принципові невраховані помилки при побудові її математичної моделі.

Моделювання в середовищі MatLab дає принципові переваги при реалізації розробленої системи, адже дає досить чітке розуміння динаміки тих процесів, що відбуваються з об'єктом автоматизації. Але більшу цінність являє собою графічне середовище моделювання Simulink, яке є частиною програмного пакету MatLab.

Дане графічне середовище дає можливість використання блок – діаграм, пов'язаних одне з одним у вигляді напрямлених графів. Таким чином можна побудувати майже будь-яку схему, включаючи схеми автоматизації та за допомогою спеціальних блоків проглянути динаміку конкретно взятого процесу в часі.

В даній дипломній роботі дане середовище використовувалося для перевірки отриманих в розділі 4 результатів та звісно, щоб побачити проходження процесів у часі, отримати графіки росту та спаду температури цегляної кладки.

В кінці даного розділу буде представлена готова MatLab модель [8], що дасть можливість проаналізувати вплив параметрів печі на проходження процесу випалу.

По ходу виконання роботи було вирішено виконувати етапи моделювання окремо, тобто моделювати зони підігріву, випалу та охолодження окремо, щоб виявити можливі помилки ще на цьому етапі. А вже потім об'єднувати ці три невеликі схеми в одну велику схему.

Саме так і була отримана кінцева схема.

5.2 Моделювання процесу підігріву вантажу

Першочергово було вирішено змоделювати процес підігріву вантажу, та пересвідчитися, що нагрів з потрібною температурою взагалі можливий. Також потрібно було пересвідчитися чи знаходиться процес в потрібних часових рамках.

Для цього завдання було зібрано невелику схему в середовищі графічного моделювання Simulink програмного пакету MatLab, зібрана схема показана на рисунку 5.1.

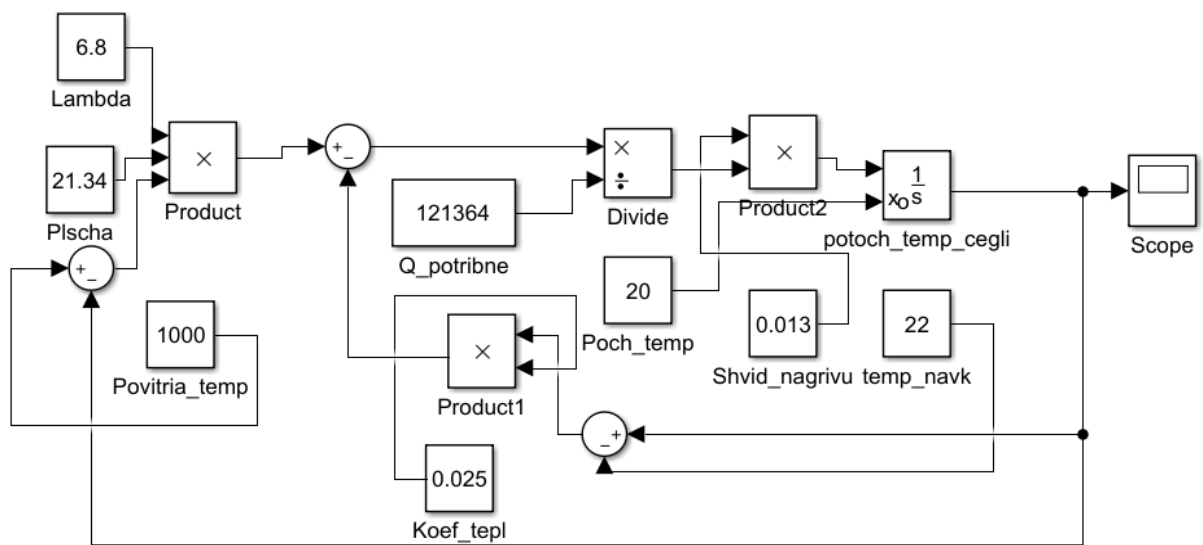


Рисунок 5.1 – Схема для моделювання процесу підігріву цегли

Дана схема включає в себе фактично всі напрацювання по підігріву вантажу з розділу з розрахунком математичної моделі системи, дивись 4.2.

Процес проходив моделювання на 25 годин, тобто 90000 секунд. За цей час очікувалося, що вантаж буде нагрітий до температури в 700 °С, при такій температурі вагонетку можна переводити в іншу теплову зону.

Результат роботи даної схеми представлено на рисунку 5.2. Також далі буде більш детально пояснена схема, зображена на рисунку 5.1 та зроблені посилання на формули, які використовувалися при даному моделюванні.

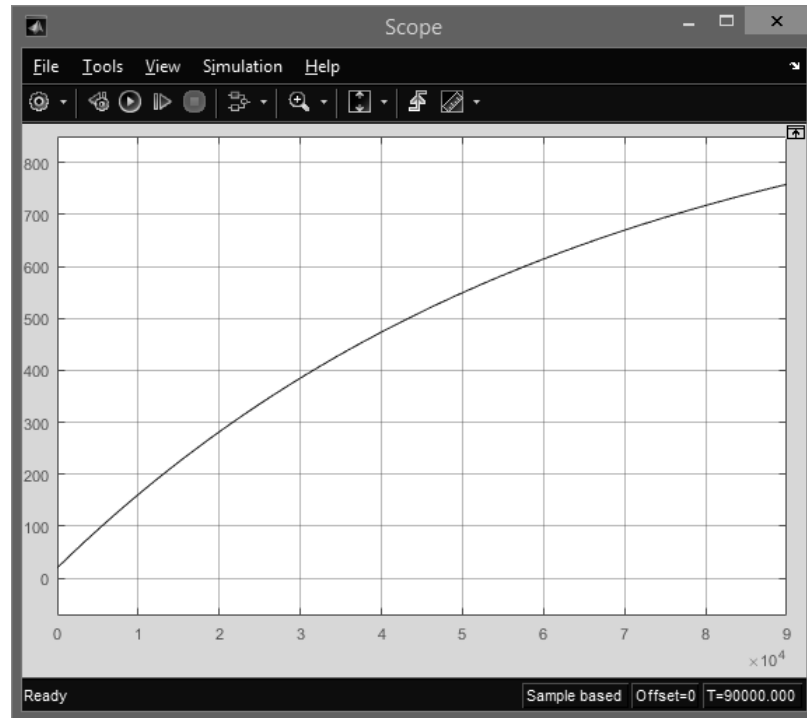


Рисунок 5.2 – Результати моделювання процесу підігріву вантажу

Як видно з результатів моделювання на рисунку 5.2 температура в зоні підігріву росте достатньо повільно, щоб не зіпсувати якість виробів, але в той же час по закінченню моделювання температура досягла позначки в майже 760 °С, що дозволяє перейти до наступного етапу – випалу цегли.

Розглянемо схему більш детально. На рисунку 5.3 зображено фрагмент схеми, що відповідає за реалізацію формули (4.5), дивись 4.2.

Блок «Lambda» позначає значення коефіцієнту тепловіддачі при взаємодії повітря з гладкою твердою речовиною, в даному випадку $6.8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Блок з назвою «Plscha» позначає площу взаємодії гарячого повітря та цегляної кладки на вагонетці, в даному випадку 21.34 м². Відповідно блок «Povitria_temp» позначає температуру повітря в °С. Варто відзначити, що блок суматор призначений для знаходження потрібної для формули різниці температур. Таким чином динамічно розраховується кількість тепла, яку щосекунди дає повітря цеглі.

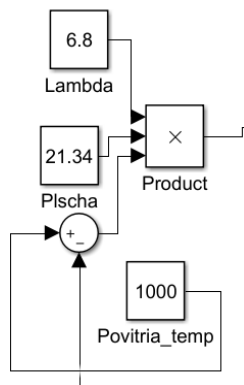


Рисунок 5.3 – Фрагмент схеми, що відповідає за розрахунок тепла, що йде на нагрів цегляної кладки

На виході фрагмента, зображеного на рисунку 5.3 очікується лінійний спад переданої кількості тепла. Графік виходу фрагменту зображеного на 5.3 показано на рисунку 5.4.

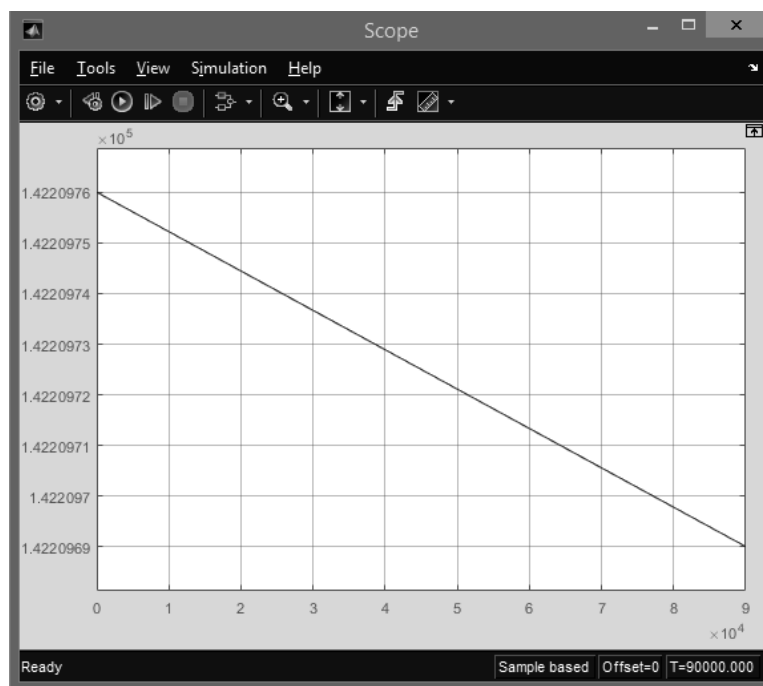


Рисунок 5.4 – Вихід фрагменту зображеного на рисунку 5.3.

На рисунку 5.5 продемонстровано фрагмент схеми, що попередньо був показаний лише на рисунку 5.1. Дана частина схеми відповідає безпосередньо за розрахунок температури, а точніше як вона зростає.

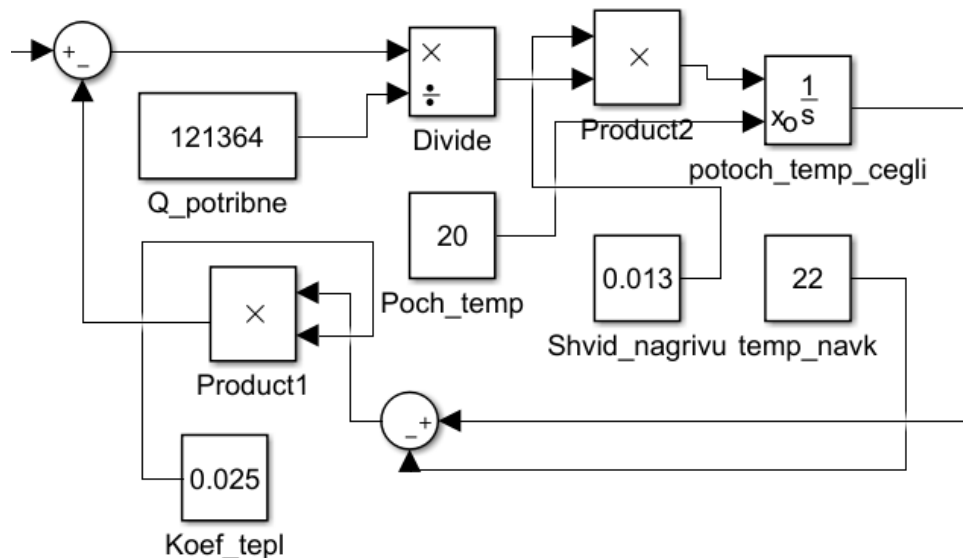


Рисунок 5.5 – Фрагмент схеми з зображенням залишкових елементів

Блок «Q_potribne» відповідає за зберігання значення кількості тепла, що потрібне для росту температури на 0.013 °C/сек. Дане значення отримане ділення бажаної швидкості росту температури в 50 °C на 3600. Блок «Divide» отримує частку від ділення отриманої кількості тепла на потрібну. Дана частка потів в блоці «Product2» множиться безпосередньо на швидкість приросту температури. Блок інтегрування з назвою «potoch_temp_cegli» відповідає за накопичення значення поточної температури цегляної кладки, починаючи з 20 °C. Всі лінії, що обриваються в правій частині рисунку ведуть до блока відображення. По-факту всі ці лінії несуть значення поточної температури після блоку інтегрування. Це можна побачити на рисунку 5.1.

Останньою частиною, яка не була пояснена, це елементи, що входять в блок «Product1». Це коефіцієнт теплових втрат в навколишнє середовище та різниця між температурою навколишнього середовища та поточною температурою цегли. Дана величина віднімається від кількості тепла. Яке передає гаряче повітря цеглі. І таким чином отримується приріст кількості тепла щосекунди, внаслідок циркуляції гарячого повітря зоною підігріву.

5.3 Моделювання процесу охолодження вантажу

Головним завданням при побудові моделі для процесу охолодження, було поставлене завдання зробити його швидшим, але при цьому його швидкість має бути не надто великою, щоб вироби не були зіпсовані в процесі охолодження. Також принциповою відмінністю є те, що вироби в даних печах можна діставати в діапазоні температур від 300 °С, до 400 °С. доки вагонетка буде знаходитися на шляху до зони відвантаження цегла встигне досить сильно охолонути, щоб робітники, або ще краще робот-рука могли з ними працювати без шкоди.

Для цього завдання була побудована схема в середовищі Simulink, яка моделює проходження даного процесу. Вона дуже схожа на попередню схему з попереднього підрозділу 5.2, але має деякі відмінності. Дана схема зображена на рисунку 5.6.

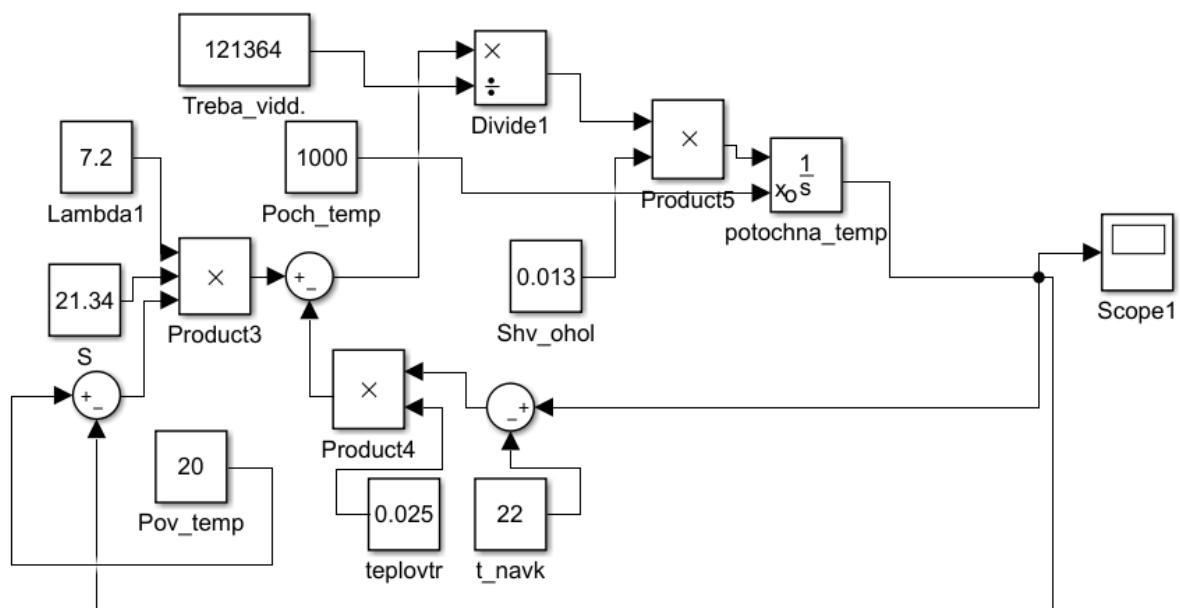


Рисунок 5.6 – Схема для моделювання процесу охолодження цегли

В даній схемі також використана формула (4.5), дивись 4.2, але ця формула використана в трохи іншому ключі, так, що її результат є від'ємним. Так вона використовується в місці, що виділено прямокутником на рисунку 5.7.

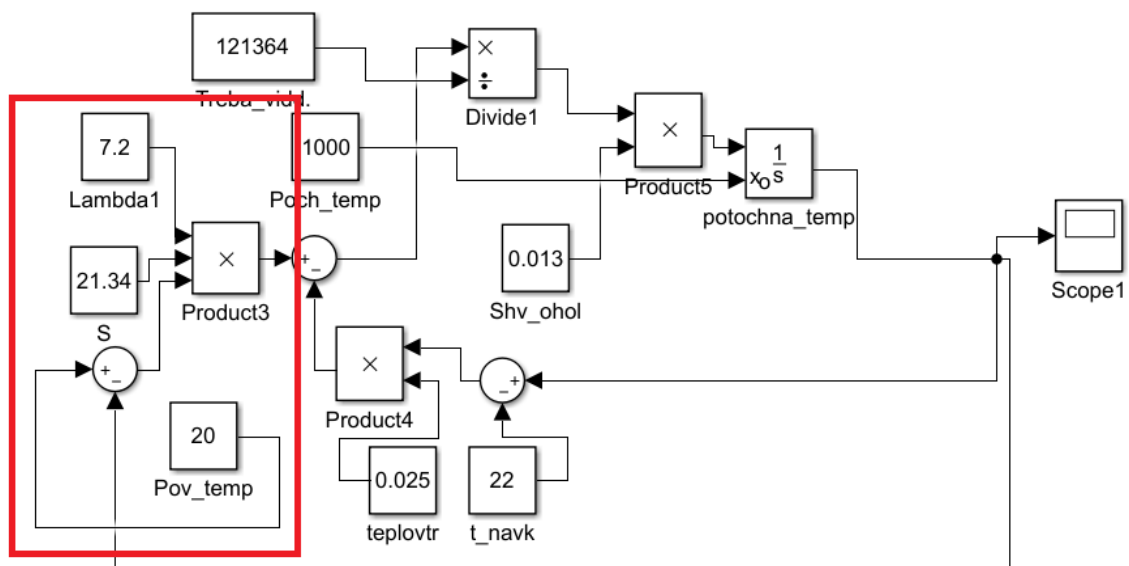


Рисунок 5.7 – Фрагмент, що відповідає за отримання значення поточної зміни кількості теплоти цегляної кладки

Можна помітити, що в блок інтегрування, названий «potochna_temp», входить значення базової температури не 20 °С, а 1000 °С. Таким чином на графіку охолодження отримуємо спад температури. Також варто відмітити, що коефіцієнт «Lambda1» також змінився, це спричинено тим, що швидкість руху повітря в даній зоні складає 4 м/с. За такої швидкості руху швидкість охолодження збільшується, але вироби не втрачають міцності, що позитивно відображається на якості вихідної продукції. Аналогічно до процесу підігріву ефективність охолодження також падає з часом та зі зниженням температури виробів. Це видно з форми графіку.

На рисунку 5.8 представлено вихід блоку «potochna_temp», що демонструє блок «Scope1». На даному рисунку зображено динаміку охолодження вагонетки. Значення потрібного для охолодження часу було знайдено в процесі моделювання. За цей час, а саме за 17 годин, вагонетка встигає охолонути до температури нижче 400 °С, що приводить вироби до потрібної твердості. За цієї температури їх вже можна витягати з печі.

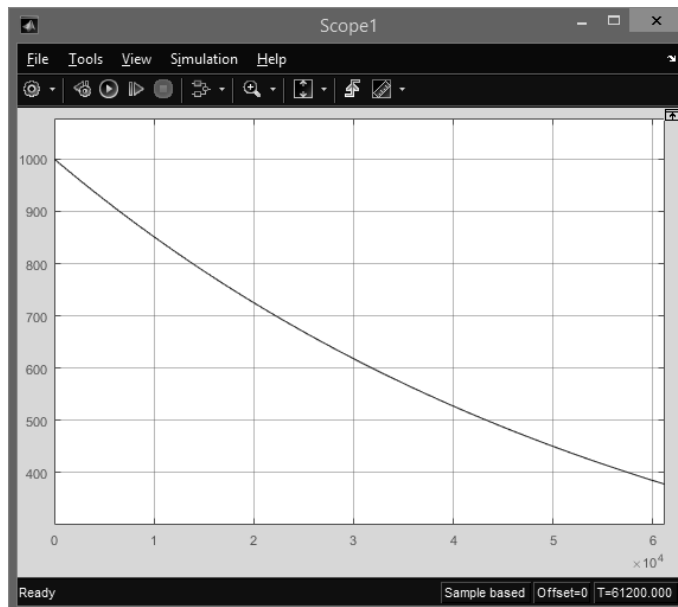


Рисунок 5.8 – Динаміка охолодження вагонетки з цегляною кладкою

5.4 Моделювання процесу випалу виробів

Процес випалу виробів це найголовніший етап з усіх процесів виготовлення глиняного виробу і він же є найскладнішим.

На даний процес впливає дуже велика кількість факторів, але у зв'язку зі спрощеністю розрахунків ті, чи інші параметри не увійшли в систему і тому їх вплив не врахований. Саме на цьому етапі виникла досить велика проблема, яка полягає у перегріві виробів горілками. Зазвичай, якщо цегла нагрівається до температур більше 1200 °C відбувається незворотне руйнування виробу, оскільки виріб вже перетворився на кераміку і подальший нагрів спричинює перетворення верхніх шарів глини на склоподібний матеріал, який є крихким. Більша частина виробу стає чорного кольору, ці зони також дуже крихкі. Але все це ніщо в порівнянні з тим, що внутрішня напруга всередині виробу просто розколює його на дрібні уламки. Всі ці причини призвели до того, що був введений регулятор, призначенням якого було вимкнення горілок на час доки вагонетка не остигне до певної температури, яка дозволить продовжити випал. Для таких цілей було обрано двопозиційний регулятор.

Двопозиційний регулятор [9] являє собою простий перемикач, що складається з двох станів: увімкнено та вимкнено. Особливістю таких регуляторів є те, що в них також присутня деяка зона нечутливості, це певний інтервал входних значень, при яких регулятор не змінює свій стан. Регулятори такого типу є досить простими при побудові та ще простішими при програмній реалізації. Дані регулятори досить гарно підходять в плані простоти реалізації даної системи, оскільки на цей параметр завжди була головна ставка. Статична характеристика даних регуляторів представлена на рисунку 5.9.

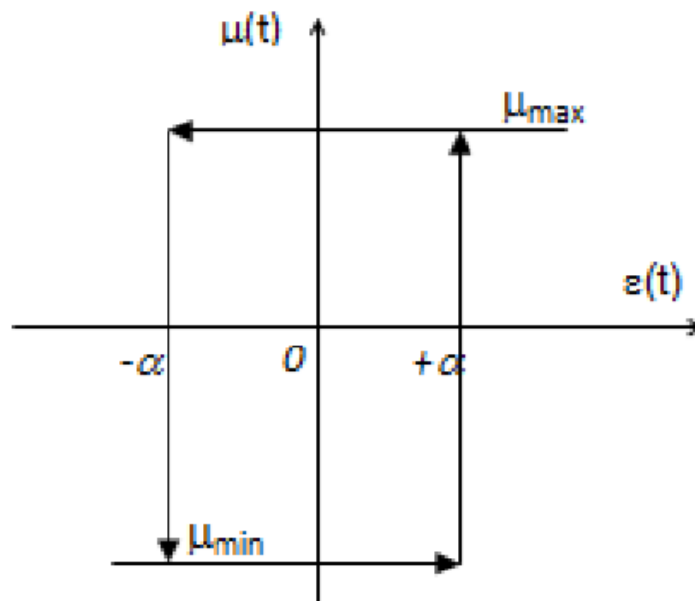


Рисунок 5.9 – Статична характеристика двопозиційних регуляторів

На рисунку 5.9 : u_{\min} – мінімальне вихідне значення, u_{\max} – максимальне вихідне значення, $+\alpha$ – верхня межа зони нечутливості, $-\alpha$ – нижня межа зони нечутливості.

В середовищі MatLab присутній спеціальний блок, який реалізує поведінку двопозиційного регулятора, його назва – «Relay». В даному блоці задаються всі потрібні параметри і подаючи на його вхід певний сигнал на виході отримується або максимальне, або відповідно мінімальне значення. На рисунку 5.10 зображено зібрану схему, яка ілюструє роботу зони випалювання цегли.

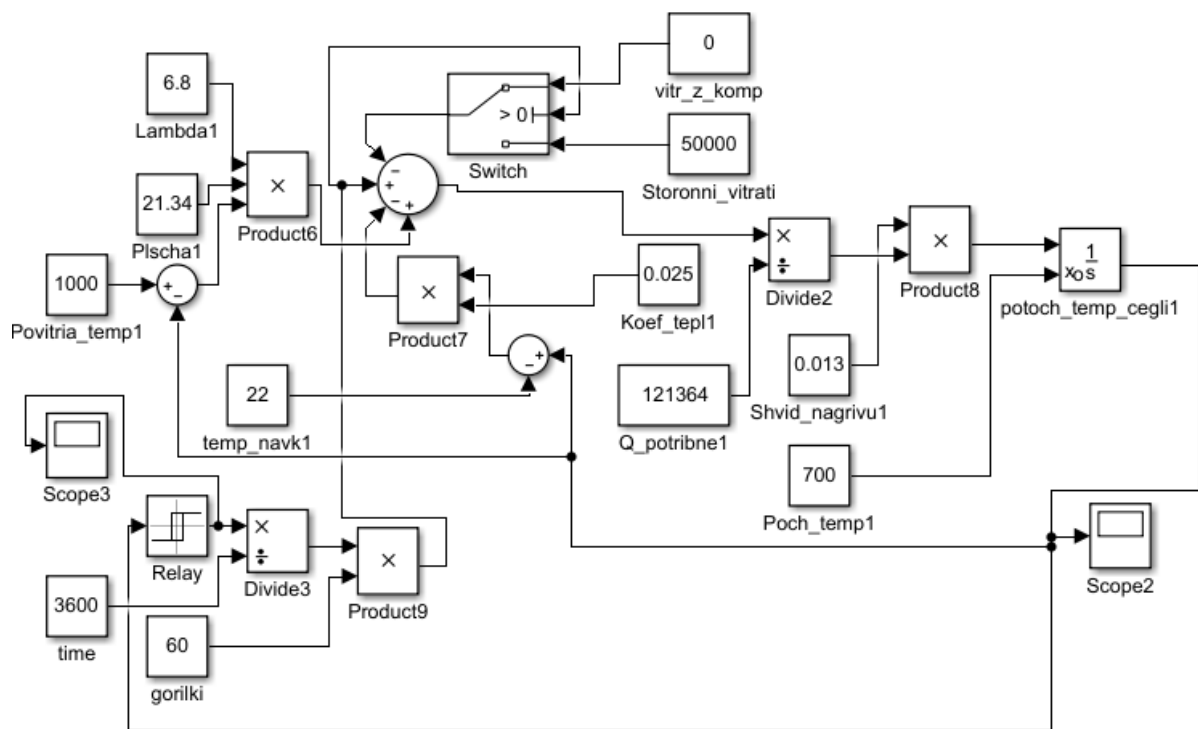


Рисунок 5.10 – Схема для моделювання процесу випалу цегли

В даній схемі повторюються ті ж елементи, що і в попередніх схемах, таким чином на дану схему також впливає гаряче повітря, що має швидкість 3 м/с, циркулюючи зоною випалу. В лівій нижній частині рисунку 5.10 можна побачити двопозиційний регулятор. В цій частині схеми перевіряється поточна температура цегли, та регулятор визначає чи потрібно вмикати всі горілки, чи ні.

Витрати тепла йдуть в основному на повітря, а точніше на невеликий нагрів повітря навколо печі. Також для того, щоб наочніше показати роботу регулятора було вирішено додати додаткові витрати, які вступають в дію, лише коли газові горілки відімкнені. Цей хід допомагає з одного боку частково врахувати ті витрати тепла, що не були враховані спочатку, а з іншого допомогти прискорити процес охолодження виробів в печі так, щоб перемикання регулятора були гарно видимі протягом моделювання процесу випалу цегли. На рисунку 5.11 представлено графік зміни температури вантажу вагонетки.

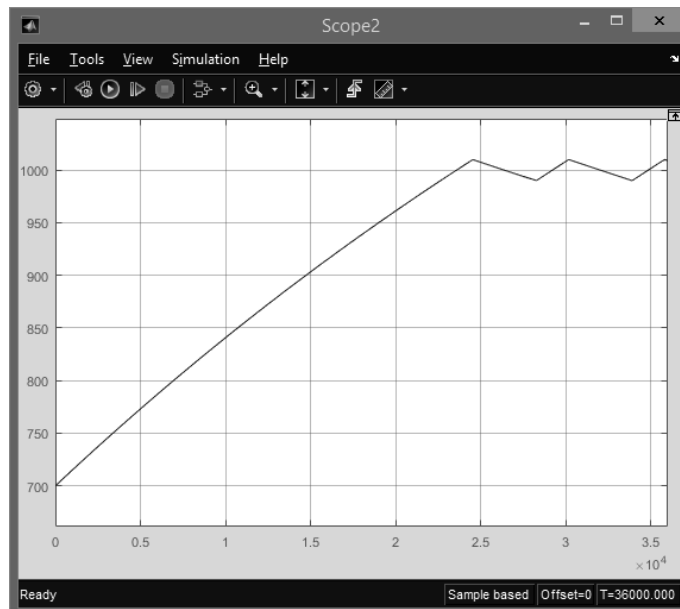


Рисунок 5.11 – Графік росту температури всередині зони випалу

На даному графіку чітко видно дві зони: перша, де температура росла досить швидко, майже ліній, не лінійність обумовлена зменшенням ефективності нагріву вантажу гарячим повітрям та другу зону, де цегляна кладка вже спеклася, та певний час витримується в печі. Якраз в цей момент і видно роботи двопозиційного регулятора, який то вимикає, то вмикає горілки, щоб підтримувати потрібну температуру. Проблемою, яка виникає в цей момент є вимірювання температури вагонетки з виробами. Адже за схемою переключення регулятора відбуватимуться саме за температурою вантажу.

5.5 Моделювання повної схеми

Усі три схеми виправдали очікування і тепер, знаючи, що в них немає помилок можна збирати ці три невеликі схеми в одну велику, яка демонструватиме зміну температури вантажу протягом всього часу в печі

Готова схема, що демонструє динаміку нагріву виробів на вагонетці від початку процесу випалювання виробів, до їх виходу з печі показана на кресленику IA51.080BAK.005 Д1.

Схема, що зображена на кресленнику IA51.080БАК.005 Д1, по-факту є просто об'єднанням попередніх трьох маленьких схем. Вона має лише кілька відмінностей, а саме: додані конструкції з блоків «Switch» та блоків «Step», які мають контролювати проміжки роботи частин схеми так, щоб результати роботи окремих частин схеми не накладалися на графіку.

Вихідний графік схеми зображеної на кресленнику IA51.080БАК.005 Д1, показано на рисунку 5.14. Виконавши дане моделювання, були отримані результати, що зображені на рисунку 5.14. Даний графік є відображенням динаміки зміни температури цегляної кладки, що складена на вагонетку, котра рухається вздовж печі.

Вісь часу умовно поділена на три частини, кожна з яких відповідає знаходженню вантажу в різних теплових зонах. Так від 0 секунд, до 90000 секунд, що відповідає потрібним 25ти годинам, вантаж поступово нагрівається до температури приблизно в 755 °С.

Наступний проміжок знаходиться в інтервалі від 90000 секунд, до 126000 секунд. Цей проміжок відповідає знаходженню вагонетки в зоні випалювання виробів. Добре видно, що після 90000 секунд моделювання графік температури починає досить стрімко рости. Це обумовлено тим, що в зоні випалу працюють потужні газові горілки. Область графіку з зубцями знаходиться в тому ж проміжку.

А отже вагонетка все-ще в зоні випалу. Це відображення роботи двопозиційного регулятора, який в свою чергу не дає температурі кладки піднятися вище 1010 °С та опуститися нижче 990 °С, таким чином підтримується температура $1000\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Після десяти годин в зоні випалювання, а саме стільки там проводить вагонетка з виробами, вантаж прибуває в зону охолодження, де за допомогою конвекції протягом 17 годин вироби будуть охолоджуватися до температури в 400 °С, або менше.

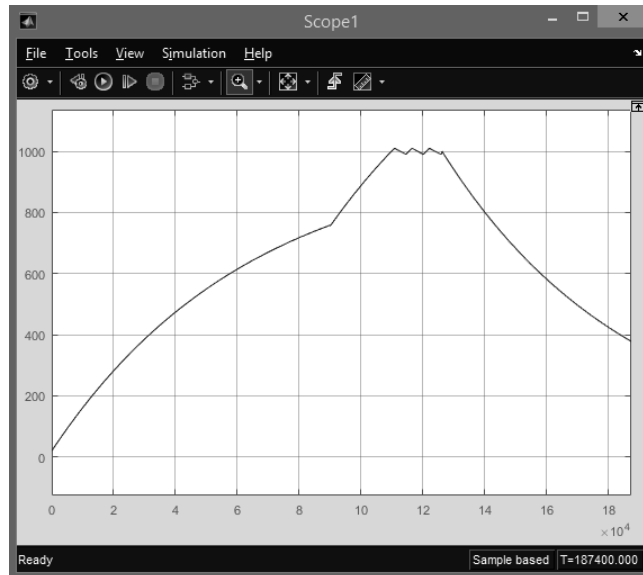


Рисунок 5.14 – Вихідний графік моделі печі випалювання

Після цих процесів вироби можна вивозити з печі, де шляхом до місця розвантаження вони до остигнуть і їх можна буде перевіряти на наявність дефектів. Вироби з дефектами відбраковуються, а цілі, що не мають тріщин, змін кольору та інших проблем будуть готовими до подальшого використання.

5.6 Висновки до розділу 5

Під час написання даного розділу була виконано дуже багато операцій та тестів в Simulink, що є графічним середовищем розробки різного роду моделей. Якщо точніше, було побудовано чотири моделі.

Перша модель була побудова для того, щоб поглянути на динаміку нагріву виробів на вагонетці, поки вони проходять зону підігріву. Як виявилось за відведений час вироби нагрілися до температури у 755 °С, що перевищило очікування на 55 °С. Що стосується часу прогріву виробів, його достатньо, щоб вироби прогрілися повільно та рівномірно. Це забезпечить досить серйозний захист при входженні вантажу в зону високих температур.

Друга модель була призначена для розгляду динаміки охолодження виробів в зоні охолодження. За результатами моделювання очікувані 17 годин охолодження

зможли понизити температуру виробів до 380 °С, що означає, що їх можна вивозити з тунельної печі.

Зона випалювання була змодельована в якості третьої моделі, в ній були розглянуті теплові процеси, що мають вплив на поточну температуру виробів. Був побудований двопозиційний регулятор, який виконує роль захисту виробів, від перегріву та відповідно руйнування. Час випалювання є достатнім, моделі навіть двічі довелося відмикати горілки, щоб вироби не перегрілися.

Останньою була створена повноцінна модель та отриманий графік динаміки нагріву протягом усього періоду перебування виробів в печі. Проаналізувавши цей графік можна зробити висновок, що дана АСУ є реалізовною.

Таким чином після завершення даного розділу були розглянуті всі етапи проходження процесу випалу цегли, починаючи від входження до печі, закінчуючи виходом з неї.

Завдяки цьому підтвердивши, що дану систему можливо реалізувати можна переходити до виконання подальших етапів, таких як побудова функціональної схеми, вибір елементів та ін.. Побудова функціональної схеми дасть представлення про потрібні елементи автоматизації печі.

6 ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПЕЧІ

6.1 Загальні положення

В процесі проектування АСУ зазвичай створюється досить велика кількість різного роду конструкторських документів, кожен з яких має своє конкретне призначення. До відносять структурні схеми автоматизації, функціональні схеми автоматизації, принципові схеми автоматизації, кресленики щитів керування та інші.

Зазвичай проектування будь якої системи починається з найбільш глобальних речей, таких, як вивчення предметної області і першими креслениками є структурні кресленики. До них майже немає чітких вимог до виконання і більше того вони не є обов'язковими, оскільки більше служать самому проектувальнику для полегшення подальших робіт. Людина, що проектує систему сама обирає рівень абстракції та перелік того, що має увійти в таку схему.

Функціональні схеми в такому випадку є обов'язковими для кожної АСУ. На даних схемах відображається не лише загальне зображення системи, а і вказуються дуже багато елементів системи, що виконують ролі перетворювачів сигналів, як первинних так і вторинних, а також на дані схеми наносять виконавчі елементи.

Особливістю таких схем є те, що на етапі їх створення проектувальник уже має знати який контролер він хоче використовувати, бо виводи перетворювачів та виконавчих елементів прив'язуються до таблиці входів та виходів контролера, або його модулів.

В результаті створення даної схеми людина, що проектує дану систему отримує: назва контролера та його модулів, перелік давачів та виконавчих елементів з їх призначенням та схема підключень елементів до контролера. Так, на виході проектувальник має всі необхідні відомості до вибору конкретних

елементів для фізичної реалізації системи, або для опису фізичної реалізації. Тому проектування цих схем є обов'язковим для досягнення гарних результатів.

6.2 Опис функціональної схеми

Під час виконання даного розділу була побудована функціональна схема такого об'єкта керування, як піч для випалу глиняних виробів [10]. На даній схемі присутнє схематичне зображення печі згори, та позначені всі виконавчі елементи та давачі, що в ній використовуються.

В цілому схема має три незалежні контури: температурний контур, контур пересування та контур вентиляції. Хоч контури температури та вентиляції в даному випадку діють спільно. Але з точки зору автоматизації вони зовсім різні.

Нумерація в межах контурів проводилася за наступним правилом: якщо лінія входить в порт введення контролера, то позначення елементів відбувається арабськими цифрами, що позначають номер контура, та буквою алфавіту, що означає нумерацію всередині контуру.

Варто зазначити, що до розробки даної схеми було обрано контролер, який керуватиме виконавчими пристроями даного об'єкту. Був обраний контролер «ADAM – 8000» [11]. Даний контролер є з розряду Windows – програмованих, та має гарну сумісність з більшістю інших контролерів, наприклад з деякими контролерами марки «Siemens».

Для взаємодії контролера з виконавчими пристроями та давачами було обрано три сумісних з ним модулів: аналоговий модуль введення AI 8231-1BD60, що має вісім аналогових входів, дискретний модуль введення DI 8221-1BF00, що має вісім дискретних входів та дискретний модуль виведення DO 8222-1BF10, що має шістнадцять дискретних виходів.

До контуру вентиляції належать дванадцять елементів, серед яких чотири елементи «SO» з нумерацією від 1 до 4. Це давачі – швидкості, вони повинні вимірювати швидкість повітря кожного вентилятора. також туди входять і самі

вентилятори у якості виконавчих пристроїв з нумерацією 1а, 1б, 1ж та 1к. Останні 4 елементи це індикатори швидкості руху повітря, що розміщені всередині щита керування з номерами 1в, 1г, 1д та 1з.

Контур пересування представлений п'ятьма елементами, серед них один – це штовхач, або тягач вагонетки, що має номер 2в, оскільки належить іншому контуру, а інших чотири – це виконавчі пристрої для підйому шлюзових воріт печі з номерами відповідно: 2а, 2б, 2г та 2д.

Температурний контур являє собою всього три елементи: запал, газовий клапан та давач температури. Їх номери 3а, 3б та 3в відповідно.

Наступним кроком була створена таблиця, в якій лінії виконавчих пристроїв пов'язуються з портами контролера. Дана таблиця представлена на рисунку 6.1.

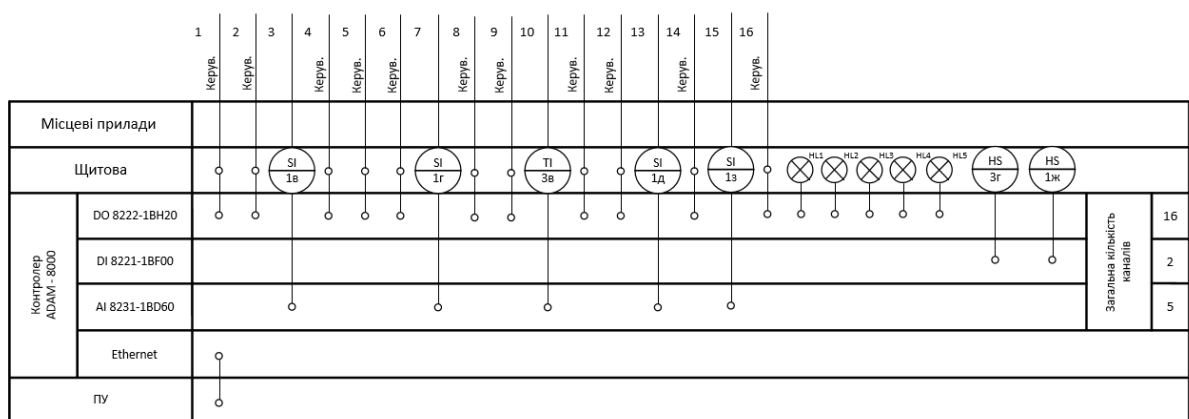


Рисунок 6.1 – Таблиця портів контролера

Після заповнення даної таблиці стало зрозуміло, що модулі для контролера вибрані правильно і їх вистачає для під'єднання всіх потрібних пристроїв до контролера.

При виборі найменувань для давачів швидкості руху повітря виникла проблема, тому довелося використати одну з вільних літер. На кресленику вказано, що дана літера не є типовою і вона введена за необхідності. Такою літерою стала «О». На кресленику вона зустрічається, як комбінація «SO», що після додаткових пояснень означає «швидкість повітря».

Дана схема була виконана у форматі А3, та прикладена до даного дипломного проекту. Переглянути цю схему можна на кресленику ІА51.080БАК.005 Э2.

6.3 Висновки до розділу №6

В ході виконання даного розділу була розроблена функціональна схема та оформлена у вигляді кресленика у форматі А3. Даний конструкторський документ створений, щоб дати уявлення про систему підключень виконавчих пристроїв та датчиків.

Також дана схема дала зрозуміти який контролер буде використовуватися в даному проекті в якості контролера печі. В даному випадку був обраний контролер «ADAM - 8000». Для цього контролера було обрано три модуля введення/виведення, що змогли забезпечити підключення усіх необхідних пристроїв. Були обрані такі модулі: аналоговий модуль введення AI 8231-1BD60, дискретний модуль введення DI 8221-1BF00 та дискретний модуль виведення DO 8222-1BF10.

На створеній схемі вдалося відобразити всі потрібні для коректної роботи виконавчі пристрої та датчики. Вони всі були відповідним чином названі та на основі цих дій була також створена таблиця підключень, яка показує до яких портів контролера підключаються дані пристрої.

Функціональна схема зображена на кресленику ІА51.080БАК.005 Э2.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		61

7 ВИБІР ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ

7.1 Вибір контролера блоку керування

Вибір контролера є одним із основних етапів вибору засобів автоматизації певної системи, адже від цього залежить підбір давачів, виконавчих механізмів, та іншого обладнання, хоча більшість контролерів є сумісними з більшістю пристроїв.

В даному випадку задумувалося використовувати контролер, що міг би бути РС сумісним. Також одним із задумів було використати такий контролер, який міг би бути об'єднаний в мережу з іншими контролерами, якщо дана система буде використовуватися не як автономна, а як лише один з етапів виробництва. В такому випадку потрібно, щоб він був сумісним з іншими контролерами. Ще одним задумом було його підключення через Ethernet інтерфейс до АРМО, що дало б можливість з його допомогою напряду спілкуватися з оператором.

Зважаючи на всі ці вимоги був знайдений ідеальний варіант такого контролера, що задовольняв усім вимогам і був дешевший, ніж контролери серії Siemens. Таким контролером став ADAM – 8000 [11]. Це як і було потрібно РС сумісний контролер, що може працювати за протоколами Profibus, Modbus, а також в CAN мережах. Маються виконання з базовим модулем з Profibus, Modbus, або Ethernet інтерфейсами та додатковими слотами для підключення модулів введення та виведення.

Такий контролер зможе забезпечити всі потрібні функції, також до нього можна підключити модулі аналогового вводу лінійки Adam – 8231, аналогового виведення з лінійки Adam – 8232, а також модулі дискретного введення та виведення з лінійок Adam – 8221 та Adam – 8222 відповідно. Аналогові модулі оснащені оптичними та електричними гальванічними розв'язками.

Зовнішній вигляд обраного контролера представлено на рисунку 7.1.

					IA51.080BAK.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		62



Рисунок 7.1 – Зовнішній вигляд базового блоку ADAM – 8000, з модулем Ethernet

Ще серед характеристик самого контролера можна виділити: наявність вбудованого блока живлення на 24В, наявність світлодіодних індикаторів станів, режимів роботи та діагностики, має зовнішню карту пам'яті та вбудований додатковий інтерфейс для передачі даних MP21.

7.2 Вибір аналогового модуля введення

Вибір такого модуля робиться залежно від використовуваного контролера, в даному випадку вони мають бути сумісними з ADAM – 8000. Одним з таких модулів є Adam – 8231 – 1BD60 [11]. Його представлено на рисунку 7.2.



Рисунок 7.2 – Зовнішній вигляд модуля Adam – 8231 – 1BD60.

Цей модуль має такі характеристики:

- 4 ізольованих канали аналогового вводу;
- має аналоговий струмовий вхід від 4...20мА;
- точність каналу $\pm 0.2\%$.

7.3 Вибір дискретного модуля введення

Вибір такого модуля робиться залежно від використовуваного контролера, в даному випадку вони мають бути сумісними з ADAM – 8000. Одним з таких модулів є Adam – 8221 – 1BF00 [11]. Цей модуль має вигляд, як на рисунку 7.3.

Цей модуль має такі характеристики:

- 8 дискретних вхідних канали;
- вхідна напруга 24 В.



Рисунок 7.3 – Зовнішній вигляд модуля Adam – 8221 – 1BF00

7.4 Вибір дискретного модуля виведення

Вибір такого модуля робиться залежно від використовуваного контролера, в даному випадку вони мають бути сумісними з ADAM – 8000.

Одним з таких модулів є Adam – 8222 – 1BH20 [11]. Його зображено на рисунку 7.4.

Цей модуль має такі характеристики:

- 16 дискретних вихідних каналів;
- вихідна напруга та струм, 24В та 2А відповідно.



Рисунок 7.4 – Зовнішній вигляд модуля Adam – 8222 – 1BH20

7.5 Вибір давача температури

В даному випадку вибір давача температури є ключовим, адже він лише один в усій системі та має контролювати температуру всередині печі випалу. Це покладає дуже високі вимоги до такого давача. Першочергово такий давач мав бути достатньо точним, для того, щоб він міг підтримувати температуру в заданому діапазоні. Наступною вимогою була жаростійкість. Оскільки всередині зони випалювання присутні досить високі температури, то вони можуть негативно вплинути на корпус приладу, або навіть на його роботу в разі спотворення його показів, через температурну деградацію. Останньою з вимог була можливість вимірювання температури самого вантажу, а не повітря в зоні.

Таким чином, поставивши певні рамки, в межах яких потрібно було підібрати давач температури, були визначені основні типи таких пристроїв, що взагалі було б доцільно використовувати в даному середовищі.

Першим типом давачів, що були розглянуті, це термоперетворювачі опору [12]. Були проаналізовані характеристики таких перетворювачів. Хоч вони і мають достатню точність, але вони не відповідають по двом іншим критеріям, а саме: по стійкості до температурних впливів та до можливості виміру температури вантажу. Так якщо цей давач помістити в піч, він за лічені секунди перестане працювати. А потреба в його розташуванні близько до об'єкту вимірювання унеможливорює його використання.

Другим типом давачів, що розглядалися, були термоелектричні перетворювачі [12]. Ще їх називають термопарами. За принципом роботи вони задовольнили двом з трьох вимог. Дані давачі є достатньо точними, а те, що вони виконуються з металу, достатньо жаростійкого дозволяє їх використовувати при високих температурах. При цьому вони не відповідають третій вимозі, і той контакт, що використовується має вимірювати безпосередньо температуру виробів, що можливо лише при контакті з ними, що є неможливим, оскільки вироби рухаються на вагонетці.

Зважаючи на те, що вироби рухається, а більшість давачів передбачено використовувати в безпосередній близькості до об'єкту виміру, було вирішено розглянути варіант використання пірометрів. Дані перетворювачі досить рідко використовуються на такого роду об'єктах з тої причини, що вони вимагають досить високого догляду за ними. Головною проблемою цих приладів є вимога до наявності чистого оптичного каналу, а на даному об'єкті це досить важко реалізувати. Наступною проблемою є виконання цих приладів в незахищених корпусах. Зазвичай вони витримують температуру до 50 °С, а в випадку з даною піччю температура середовища близько 1000 °С. Натомість дані прилади задовольняють вимогам точності та можливості виміру температури виробів, що є досить гарним результатом. Оскільки даний давач використовується дистанційно,

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		66

то принципово зникає необхідність його жаростійкості, оскільки можна реалізувати для нього такі робочі умови, які дозволять йому безперешкодно працювати. Так було вирішено встановити пірометр таким чином, щоб він розташовувався в стелі, мав досить сильне охолодження та систему очистки оптичного каналу, за допомогою повітря.

Встановивши пірометр таким чином вдалося задовольнити вимогам та в той же час вберегти пірометр від впливу високої температури та перешкод з чистотою каналу.

Для цієї цілі було обрано пірометр AMS – 1200B [13], він зображений на рисунку 7.5.



Рисунок 7.5 – Зовнішній вигляд пірометра AMS – 1200B

Даний пірометр може вимірювати температури в діапазоні від -50 °С, до 1200 °С. Це повністю покриває необхідний діапазон та що не менш важливо даний прилад має необхідний аналоговий вихід, що дозволить безперешкодно підключити його до контролера.

					ІА51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		67

7.6 Вибір клапана газопроводу

Клапан газопроводу це виконавчий механізм, що в даному випадку має виконувати функцію регулювання потоку газу до горілок. До цього механізму немає високих вимог, оскільки головна до нього вимога – це бути нормально закритим, щоб при аварійному відключенні живлення не сталося витоку газу.

Для газового трубопроводу потрібен клапан, що зможе витримувати високий тиск на заслінку, і також має бути великого діаметру. Одною з основних вимог до цього клапану є те, що він має бути нормально закритим. Це означає, що він має бути відкритим при відсутності живлення на поворотному механізмі. Інших важливих вимог до нього не було, тому для цих цілей був підібраний клапан Samson 3351 з діаметром в 500 мм [14], рисунок 7.6.

Даний клапан має пневматичний виконавчий механізм, що виконується може бути як нормально відкритим, так і нормально закритим. Сам же механізм є дуже швидким, що дозволяє за потреби дуже швидко зупинити потік. Ще однією з його переваг є те, що він призначений для газових трубопроводів і здатний витримувати високі тиски на його заслін.



Рисунок 7.6 – Зовнішній вигляд клапана Samson 3351

Цей прилад має такі характеристики:

- пневматичний виконавчий механізм;
- витримуваний тиск на заслін до 40 бар в залежності від виконання;
- робоча температура -50...250°C;
- великий вибір діаметрів від 50 до 500 мм.

7.7 Вибір газових горілок

Для даної печі проводився розрахунок з урахуванням потужності газових горілок. Вирішено використовувати горілки середньої потужності, а саме BGN 300-540 LX (LX V) потужністю 5900 кВт [15].

За такої робочої потужності 60 горілок буде достатньо для того, щоб нагрівати всю зону випалу цегли та вантаж разом із нею. Монтаж горілок вирішено провести таким чином: 40 штук розташувати у стелі печі, по 4 в ряд, 20 інших горілок встановити по 10 в стіни печі.

Дані горілки представлені на рисунку 7.7



Газовая горелка Baltur серии BGN 300-540 LX (LX V)

Рисунок 7.7 – Зовнішній вигляд газової горілки BGN 300-540 LX (LX V)

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		69

7.8 Вибір деяких інших елементів

Далі в даному підрозділі елементи будуть називатися відповідно до функціональної схеми IA51.080БАК.005 Э2.

Відповідно до схеми вентиляція, яка позначена SO1, SO2, SO3 та SO4. Дані елементи є дуже складними для опису, оскільки вони знаходяться в дуже проблемних умовах. Температура повітря в 1000 °С унеможлиблює використання звичайних вентиляторів. Вентилятори вважаються жаростійкими уже при можливості їх роботи від до 100 °С. Так при пошуку даних елементів різноманіття завершується представниками, що здатні працювати за температури в 200 °С.

Дана ситуація складається через те, що всі представлені вентилятори виконані або з пластмас, або зі сталі. Для нормальної їх роботи потрібно виконати робочу частину вентилятора з жаростійкої кераміки на замовлення. Так можна буде їх використати в даній системі.

Індикатори температури та швидкості повітря було вирішено зробити однаковими, моделі WIKA DI10. Дані індикатори є досить невеликими, тому їх буде зручно монтувати та експлуатувати.

Двигуни для підняття шлюзових воріт було вирішено обрати лінійного типу, але оскільки система розроблялася не під конкретне виробництво, а як більш загальне рішення, то вибір двигуна буде залежати від типу шлюзових воріт та їх маси.

Лампи, позначені, як HL можна вибирати будь-які, адже єдиною до них вимогою є можливість монтування в щит, наприклад ND16-22BS/2.

Перемикачі HS, вказані на схемі це силові контактори, що призначені для комутації силових ліній. Перший вимикач призначений для запуску виробничої лінії. Другий контактор призначений для окремого вимкнення зони випалу. Досить зручним був би контактор K63D004HP.

					IA51.080БАК.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		70

7.9 Висновки до розділу 7

Протягом написання сьомого розділу, були знову розглянуті відмічені на функціональній схемі елементи. Розглядалися лише найважливіші елементи, що принципово впливають на роботу системи, інші елементи, що були описані в кінці розділу, дивись 7.7, були рекомендовані до використання. Інші елементи мають не надто велике значення.

При цьому під час написання розділу були розглянуті майже всі елементи та порекомендовані конкретні пристрої, що передбачено до використання.

Були підібрані такі елементи:

- контролер ADAM-8000 з вмонтованим Ethernet інтерфейсом;
- модулі введення та виведення для контролера ADAM-8000: Adam – 8231 – 1BD60, Adam – 8221 – 1BF00, Adam – 8222 – 1BH20;
- пірометр AMS – 1200B;
- клапан газопроводу Samson 3351;
- індикатори для монтажу в щит WIKA DI10;
- лампи для індикації ND16-22BS/2;
- силові контактори K63D004HP.

Таким чином після написання даного розділу були визначені основні елементи та вузли проекрованої системи, які передбачено використовувати при її реалізації. Також дані рекомендації, щодо будови вентиляторів, які мають використовуватися всередині вентиляційних трубопроводів.

ВИСНОВКИ

При написанні дипломного проекту розглянуті різні аспекти теми виробництва глиняних виробів. Особливий акцент був зроблений на процес їх випалу. Тому об'єктом автоматизації була обрана піч для випалу глиняних виробів.

Проаналізовані існуючі рішення різних підприємств, починаючи від реально існуючих печей, закінчуючи їх проектами. Так, після аналізу були отримані позитивні та негативні риси інших рішень. Загалом вони були або надто дорогими, або надто складними, або непродуктивними. На основі цього аналізу був отриманий варіант власної реалізації.

Спроектована структурна схема печі випалу, яка демонструє основні механізми печі. На основі цієї схеми були виділені частини, до яких потрібно було звернути найбільшу увагу.

Для кожної з трьох теплових зон печі були проведені розрахунки, що підтвердили роботу здатність кожної з зон. Так, зона підігріву здатна підняти температуру виробів до $750\text{ }^{\circ}\text{C}$, що дозволяє ввести вагонетку з виробами в зону випалу. Зона випалу протягом короткого проміжку часу може нагріти вироби до температури вище $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ та підтримувати її. Зона охолодження в свою чергу здатна повільно охолодити вироби, не створивши в них напруг.

Після розрахунків проведено моделювання проходження вагонетки піччю в середовищі Simulink програмного пакету MatLab, що дало поглянути на процес в його динаміці. В результаті моделювання було отримано ряд графіків, які було представлено протягом розділу 5.

Наприкінці було розроблено функціональну схему та за її допомогою було проведено вибір окремих вузлів та елементів автоматизації.

Таким чином на виході було отримано геометричні розміри каналу печі, набір засобів автоматизації та було проведено проектування печі, що дасть можливість за необхідності її фізично реалізувати.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Как происходит обжиг изделий из глины [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://goncharnoedelo.ru/stati/190-kak-proiskhodit-protsess-obzhiga-izdeliya-iz-gliny> - Назва з екрану.11.06.2019р.
2. Обжиг глиняных изделий [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://keramoblog.com/rabota-na-goncharnom-kruge/obzhig-glinyanyj-izdelij/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
3. Голінко І.М. Процесс выпалювання кераміки як об'єкт автоматизації [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://conislab.net/files/technology/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
4. Обжиг кирпича. Печь. [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://kirpich-poltava.com.ua/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
5. Обжиг в кольцевых печах [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://msd.com.ua/proizvodstvo-kirpicha/obzhig-v-kolcevyx-pechax/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
6. Туннельные печи для обжига [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/keramika/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
7. Туннельные печи [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://www.altacorp.ru/d-ic-aiannai-c-ni-iae/nloiei-c-lneil-iai-oaiaricl-ae-ec-dc-i-o-raiaia/inaleui-l-d-ic-aiannalii-l-eiedelen/noiileui-l-dl-c/> - Назва з екрану.11.06.2019р.
8. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Моделювання процесів і систем» [Текст] / Уклад.: В.А. Жеребко. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2012. – с 20 – 27.
9. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютеризовані системи управління» Частина І [Текст] / Уклад.: П.І.Кравець. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,2012. – с 67 – 70.

10. Функціональні схеми автоматизації. Розробка та оформлення. Навчальний посібник [Текст] / Уклад.: Л.Ю. Юрчук, В.А. Жеребко. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2011. – 91 с.

11. Distributed Control I/O System ADAM-8000 Series [Електронний ресурс] : Режим доступу: https://stevenengineering.com/Tech_Support/PDFs/09EA16.pdf - Назва з екрану.11.06.2019р.

12. Кожевников М.М., Никулин В.И. Технические средства АСУТП для пищевой промышленности: справочное пособие по курсу «Автоматика, автоматизация и АСУТП» для студентов технологических специальностей пищевой промышленности [Текст] / Уклад.: Кожевников М.М., Никулин В.И. – К.: УО МГУП, 2008. – 95с.

13. Пирометр AMS-1200B [Електронний ресурс] : Режим доступу: http://www.izmerimvse.ua/Pirometr_AMS-1200B.aspx - Назва з екрану.11.06.2019р.

14. Samson 3351 ON/OFF GLOBE VALVE [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://www.samsoncontrols.com/product/3351-onoff-globe-valve> - Назва з екрану.11.06.2019р.

15. Газовые горелки Baltur серии BGN 300-540 LX (LX V) [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://www.eesystems.ru/product/3936.html> - Назва з екрану.11.06.2019р.